

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RONALD GERVASONI

CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE DESTINAÇÃO DO LODO
DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO ESTADO DO PARANÁ



CURITIBA
2014

RONALD GERVASONI

CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE DESTINAÇÃO DO LODO
DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO ESTADO DO PARANÁ

Dissertação apresentada como requisito parcial à
obtenção do grau de Mestre em Meio Ambiente
Urbano e Industrial, no Curso de Pós-graduação
em Meio Ambiente Urbano e Industrial, Setor de
Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Patricia Charvet
Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Regina Maria Matos
Jorge

CURITIBA
2014

G386c

Gervasoni, Ronald

Caracterização e avaliação do potencial de destinação do lodo de estações de tratamento de água do estado do Paraná / Ronald Gervasoni. – Curitiba, 2014.

142f. : il. color. ; 30 cm.

Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Exatas, Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial, 2014.

Orientador: Patrícia Charvet -- Coorientador: Regina Maria Matos Jorge.
Bibliografia: p. 109-120.

1. Companhia de Saneamento do Paraná. 2. Água - Estações de tratamento. 3. Lodo residual. I. Universidade Federal do Paraná. II. Charvet, Patrícia. III. Jorge, Regina Maria Matos. IV. Título.


CDD: 628.364

TERMO DE APROVAÇÃO

RONALD GERVASONI

“CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE DESTINAÇÃO DO LODO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO ESTADO DO PARANÁ”

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná em parceria com SENAI/PR e a *Universität Stuttgart*, Alemanha, pela seguinte banca examinadora:

Orientador(a): 
Prof^a. Dr^a. Patricia Charvet
PPGMAUI/SENAI/PR


Prof^a M.Sc. Sandra Mara Pereira de Queiroz/ PPGMAUI
PPGMAUI


Prof. Dr. Mauricio Bergamini Scheer
SANEPAR/PR

Prof^a. Dr^a. MARGARETE CASAGRANDE LASS ERBE
Coordenadora do PPGMAUI-UFPR

Curitiba, 30 de setembro de 2014.

Dedico esse trabalho a Elaine que me apoiou no desenvolvimento das atividades, mesmo abrindo mão de horas de lazer e descanso para estar ao meu lado, aos meus pais, familiares, amigos e colegas por estar sempre presente quando preciso tanto afetivamente quanto profissionalmente.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Patricia Charvet, pelo acompanhamento, orientação e amizade.

A coorientadora, Prof.^a Dr.^a Regina Maria Matos Jorge.

Ao Curso de Pós-Graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial, na pessoa da coordenadora Prof^a. Dr^a. Margarete L. Erbe, pelo apoio recebido.

Ao Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial, pela compreensão aos momentos difíceis.

Um agradecimento especial à Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR, pelo apoio técnico e financeiro nesta pesquisa. Ao gerente da assessoria de pesquisa de desenvolvimento da SANEPAR Eng. Charles Carneiro e à Eng. Eloize Motter Rodrigues gerente de avaliação de conformidades da SANEPAR pela adesão dos dois no desenvolvimento desta dissertação.

À Karina Kriguel, Bruno Garcia, Rafaela Comparim dos Santos e Ana Paula Coelho Schimaleski pela colaboração nas desde o início das atividades até discussões sobre o andamento do projeto.

Aos demais colegas, pelas contribuições e sugestões no trabalho.

...mas o fato é que fomos, somos e seremos sempre muito fortes.

Alexandre Magno Abrão (Chorão)

RESUMO

O lodo gerado na potabilização da água em Estações de Tratamento de Água (ETAs) é enquadrado como resíduo sólido classe II A (não perigoso e não inerte), de acordo com a NBR 10.004/2004. A disposição inadequada deste resíduo pode provocar a degradação do meio ambiente, a contaminação de mananciais e do solo. Assim sendo, observa-se a importância de estudos para o tratamento e disposição final correta do lodo. Cada ETA gera lodo com características diferentes, dependendo do tratamento aplicado. Portanto, é preciso o conhecimento destas características para que se possam definir os destinos. Conforme estas considerações iniciais, o presente estudo tem como objetivo caracterizar os lodos provenientes das ETAs pertencentes à Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), por meio de análises químicas, físicas e microbiológicas e por meio de entrevistas dirigidas. No Paraná existem 176 ETAs operantes. Para este estudo foram selecionadas 44 ETAs, de acordo com os seguintes critérios: região geológica; bacia hidrográfica; tipo de solo; e unidades regionais da SANEPAR. A coleta de lodo nas ETAs foi realizada em triplicata nos períodos de estiagem e chuvoso. Os parâmetros analisados foram: metais (As, Ba, Cd, Cu, Ni, Se, Pb, Zn, Hg, Cr, Al, Mo e Fe), série de sólidos, DQO, DBO, pH e índices microbiológicos (coliformes termotolerantes e ovos de helmintos). Os resultados das coletas apontaram um pH médio de 6,9, sendo que, em 52% das ETAs, o pH permaneceu entre 6,0 e 7,0. Quanto à DQO, o valor mais alto foi de 55.347 mg/L de O₂. Os valores de DBO variaram entre 6 e 1.996 mg/L de O₂ e a relação DQO/DBO resultou em valores superiores a 5 em todas as amostras, o que indica que sua composição é dada majoritariamente por compostos inorgânicos. Quanto aos sólidos, 64% das ETAs apresentaram lodo com teor de sólidos totais abaixo de 5%, confirmando a elevada umidade desse resíduo. Em geral, foram obtidas baixas concentrações de metais nas amostras de lodo, sendo que destes os maiores índices foram de Al (22.720 mg/L) e Fe (57.870 mg/L). Quanto aos parâmetros biológicos foram constatados ovos viáveis de helmintos em 47% das ETAs e, em alguns casos, foram encontrados níveis elevados de coliformes termotolerantes mesmo se tratando de um resíduo proveniente do tratamento da água bruta. Em geral, como foram analisados dois períodos distintos, no período de estiagem predominou uma concentração maior dos analitos do que no período chuvoso, fato já observado por outros autores. O conjunto dos resultados obtidos evidencia a necessidade de avaliar cada ETA separadamente devido à heterogeneidade dos resultados e através desta análise propor alternativas para o tratamento e disposição do lodo de ETA. A partir destes comentários se deve ter em mente que, para a gestão do lodo de ETA, o gestor deve ter uma visão geral sobre a produção, característica e alternativas de descarte, reciclagem e reaproveitamento deste resíduo no meio ambiente. Tal visão contribui para modificar a atual conjuntura e abordagem da problemática dos resíduos sólidos produzidos nas estações de tratamento de água. Deste modo, este lodo deixa de ser visto como um simples resíduo a ser descartado para uma postura coerente com princípios de desenvolvimento sustentável e potencial de reaproveitamento.

PALAVRAS-CHAVE: SANEPAR. Características. Disposição. Aproveitamento. Lodo.

ABSTRACT

The sludge generated in water potability in Water Treatment Plants (WTP) is framed as class II (not dangerous and not inert) solid waste, according to Brazilian Association of Technical Standards - NBR 10004/2004. The improper disposal of these wastes can cause environmental degradation, contamination of water sources and soil. Thus, are very important of studies for the treatment and proper disposal of sludge. Each WTP generates sludge with different characteristics, depending on the applied treatment. Therefore the knowledge of these features is needed to define an appropriate disposal. Considering these initial attributes, this study aims to characterize the sludge from the water treatment plants belonging to the Sanitation Company of Paraná state (SANEPAR), by chemical, physical and microbiological and through directed interviews analysis. In Parana there are 176 operative and WTP. For this study 44 WTP were selected, according to the following criteria: geological region; watershed; soil type; and regional units SANEPAR. The collection of the WTP sludge was performed in triplicate during the dry an rainy seasons. The parameters analyzed were: metals (As, Ba, Cd, Cu, Ni, Se, Pb, Zn, Hg, Cr, Al, Mo and Fe), solids, COD, BOD, pH and microbiological indices (fecal coliform and helminthes eggs). The results showed an average pH of 6.9, and in 52% of the WTP, the pH remained between 6.0 and 7.0. As to the COD, the highest value was 55,347 mg/L O₂. The BOD values varied between 6 and 1,996 mg/L O₂ and the COD / BOD ratio resulted in values greater than 5 in all samples, indicating that its composition is mainly given by inorganic compounds. As for solids, 64% of WTP showed sludge with solids content below 5%, confirming the high humidity of this residue. In general, low concentrations of metals in sludge samples were obtained, and these were the highest rates of Al (22,720 mg/L) and Fe (57,870 mg/L). Viable eggs in 21 water treatment plants were found and, in some cases, high levels of fecal coliform were found even when dealing with the waste from the treatment of raw water. In general, as two distinct periods were analyzed, in the drought prevailed higher concentrations of the analytes than in the rainy season, a fact already observed by other authors. The set of results highlights the need to evaluate each separately WTP due to the heterogeneity of the results, and through this analysis to propose alternatives for the treatment and disposal of Water Treatment Sludge (WTS). From these comments should keep in mind that for the management of WTS, managers should have an overview on the production, characteristics and alternative disposal, recycling and reuse of this waste in the environment. Such a view helps to change the current situation and the problem of solid waste produced in water treatment stations approach. Thus this sludge is no longer seen as a simple waste to be discarded for a coherent approach to the principles of sustainable development and potential for reuse.

KEYWORDS: SANEPAR. Characteristics. Disposal. Utilization. Sludge.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema da recepção dos resíduos gerados em ETAs convencionais de ciclo completo.....	33
Figura 2 - Adensador de lodo por gravidade de formato circular, onde: (a) em vista geral e (b) detalhe interno.	35
Figura 3 – Centrífuga desaguadora de lodos do tipo decantador de eixo horizontal.	37
Figura 4 - Prensa tipo parafuso desaguadora de lodos.....	39
Figura 5 – Parte interna do geotêxtil tipo bag com lodo desidratado no fundo.....	40
Figura 6 - Lagoa desaguadora de lodos da ETA Cotia/PR.	41
Figura 7 – Aproveitamento de lodo de ETA em olarias, onde: (a) lodo de ETA para mistura diretamente na jazida; (b) maromba de extrusão do bloco cerâmico; e (c) pátio de secagem do tijolo.....	44
Figura 8 - Mapa de precipitação no trimestre (dezembro, janeiro e fevereiro) mais chuvoso (IAPAR, 2012).....	56
Figura 9 - Mapa de precipitação no trimestre (junho, julho e agosto) mais seco (IAPAR, 2012).	57
Figura 10 - Coleta de amostra de lodo de ETA, onde: “a” durante lavagem decantador; “b” e “c” aparato de amostragem.	58
Figura 11 – Relação das ETAs SANEPAR por Unidade Hidrográfica.....	66
Figura 12 – Geração de matéria seca de lodo de ETA por unidade hidrográfica da SANEPAR.	67
Figura 13 – Resultados de pH nos períodos seco e chuvoso.	70
Figura 14 – Resultados de DQO nos períodos seco e chuvoso.....	70
Figura 15 – Valores médios de concentração de DQO por unidade hidrográfica no PR – Estação Chuvosa.	71
Figura 16 – Valores médios de concentração de DQO por unidade hidrográfica no PR – Estação Seca.	72
Figura 17 - Resultados de DBO nos períodos seco e chuvoso.	75
Figura 18 - Resultados de ST nos períodos seco e chuvoso.	76
Figura 19 - Resultados de Al nos períodos seco e chuvoso.	80
Figura 20 – Valores médios de concentração de Al por unidade hidrográfica no PR – Estação Chuvosa.	81

Figura 21 – Valores médios de concentração de Al por unidade hidrográfica no PR – Estação Seca.....	82
Figura 22 - Resultados de Fe nos períodos seco e chuvoso.	83
Figura 23 – Valores médios de concentração de Fe por unidade hidrográfica no PR – Estação Chuvosa.....	84
Figura 24 – Valores médios de concentração de Fe por unidade hidrográfica no PR – Estação Seca.....	85
Figura 25 - Resultados de Coliformes Termotolerantes nos períodos seco e chuvoso.	87
Figura 26 - Resultados de Ovos Viáveis de Helmintos nos períodos seco e chuvoso.	88
Figura 27 – Valores médios de ovos viáveis de helmintos por unidade hidrográfica no PR – Estação Chuvosa.....	89
Figura 28 – Valores médios de ovos viáveis de helmintos por unidade hidrográfica no PR – Estação Seca.....	90
Figura 29 – Distribuições das amostras, por parâmetro, nos períodos seco e chuvoso.	92
Figura 30 – Teores de Al_2O_3 encontrados nos coagulantes a base de sais de alumínio.	94
Figura 31 – Teores de Fe_2O_3 encontrados nos coagulantes a base de sais de alumínio.	95
Figura 32 – Teores de Fe_2O_3 encontrados em coagulantes a base de sais de ferro na ETA Cafezal.....	95
Figura 33 – Alternativas de tratamento e disposição final para o lodo de ETA.....	97

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE ÁGUAS, CARACTERÍSTICAS E FORMAS DE REMOÇÃO DO LODO DAS ETAs.	22
QUADRO 2 – ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE LODO DE ETA NO BRASIL DE ACORDO COM O TIPO DE MANANCIAL DE CAPTAÇÃO.	24
QUADRO 3 – DESTINO DO LODO DE ETA GERADO POR REGIÃO NO BRASIL.	32
QUADRO 4 – ANÁLISES NECESSÁRIAS PARA CADA DESTINAÇÃO FINAL DO LODO DE ETA.	68

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - SELEÇÃO DE ETAS DO ESTADO DO PARANÁ.	53
CONTINUA.	53
CONTINUAÇÃO.	54
TABELA 2 - TEORES MÁXIMOS POR ETA EM RELAÇÃO AS RESOLUÇÕES CONAMA 375/2006 E 430/2011.	93
TABELA 3 - CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO PARA O TRATAMENTO DO LODO DE ETA.	98
TABELA 4 - COMPARATIVO DOS EQUIPAMENTOS MECANIZADOS PARA DESAGUE DO LODO DE ETA.	99
TABELA 5 - METAS, INDICADORES E DESCRIÇÃO DO INDICADORES ESTRATÉGICOS.	100
TABELA 6 - INDICADOR PARA O PROCESSO DE TRATAMENTO DO LODO DE ETA.	100

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA: Agência Nacional de Águas

CETESB: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

CTCOB. Câmara Técnica de Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos

EPA: *Environmental Protection Agency*

ETA: Estação de Tratamento de Água

ETE: Estação de Tratamento de Esgoto

ETR: Estação de Tratamento de Resíduo

IAP: Instituto Ambiental do Paraná

IAPAR: Instituto Agrônômico do Paraná

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ISO: *International Organization for Standardization*

LQM: Limite de Quantificação do Método

MINEROPAR: Serviço Geológico do Paraná

NEPA: *Nacional Environmental Policy Act*

RETA: Resíduos de Estações de Tratamento de Água

SANEPAR: Companhia de Saneamento do Paraná

SENAI: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

SINDICER-PR: Sindicato da Indústria Cerâmica do Paraná

SMEWW: *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*

SSed: Sólidos Sedimentáveis

ST: Sólidos Totais

STF: Sólidos Totais Fixos

STV: Sólidos Totais Voláteis

TAC: Termo de Ajuste de Conduta

TECPAR: Instituto de Tecnologia do Paraná

UGL: Unidade de Gerenciamento de Lodo

UGL_{ETA}: Unidade de Gerenciamento de Lodo de ETA

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
1.1. OBJETIVOS	19
1.1.1. Objetivo Geral.....	19
1.1.2. Objetivos Específicos	19
2. REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1. CONCEITO, COMPOSIÇÃO, CLASSIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DO LODO DE ETA.....	21
2.2. LEGISLAÇÃO PERTINENTE	25
2.2.1. Uso dos Recursos Hídricos	25
2.2.2. Resolução SEMA N.º 021/2009.....	27
2.2.3. Resoluções CONAMA	28
2.2.4. Legislação nos Estados Unidos da América	30
2.3. CONCEPÇÃO DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE LODOS	31
2.3.1. Condicionamento do Lodo.....	33
2.3.2. Equalização e Regularização de Vazões	34
2.3.3. Adensamento do Lodo	35
2.3.4. Desaguamento de Lodo	36
2.3.4.1. Centrífuga.....	36
2.3.4.2. Filtro Prensa de Esteira	37
2.3.4.3. Filtro Prensa de Placas	38
2.3.4.4. Prensa Parafuso.....	38
2.3.4.5. Filtração em Geotêxtil	39
2.3.4.6. Lagoas de Lodo.....	41
2.3.4.7. Leitos de Secagem e Leitos de Drenagem	42
2.3.4.8. Secagem Térmica e Incineração.....	42
2.4. APROVEITAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DO LODO	43
2.4.1. Fabricação de Bloco Cerâmico e Tijolo	44
2.4.2. Fabricação de Cimento e Incorporação do Lodo em Matriz de Concreto.....	45
2.4.3. Recuperação de Solos Agrícolas e Disposição no Solo.....	46
2.4.4. Recuperação de Coagulante do Lodo de ETA	47

2.4.5. Reaterro em Obras de Saneamento	48
2.4.6. Aterro Sanitário Classe II	48
2.4.7. Cobertura de Aterro Sanitário	49
2.4.8. Disposição do Resíduo em ETE	50
2.4.9. Disposição em Corpos de Água.....	51
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	52
3.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	52
3.2. METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS	55
3.2.1. Aplicação do Questionário	55
3.2.2. Periodicidade das Amostras	56
3.2.3. Obtenção das Amostras	57
3.2.4. Metodologia analítica da caracterização do lodo de ETA	59
3.2.4.1. pH.....	59
3.2.4.2. DQO.....	59
3.2.4.3. DBO	60
3.2.4.4. Sólidos totais	60
3.2.4.5. Sólidos totais fixos	61
3.2.4.6. Sólidos totais voláteis	61
3.2.4.7. Sólidos sedimentáveis	61
3.2.4.8. Metais	62
3.2.4.9. Ovos de helmintos e coliformes termotolerantes	62
3.2.5. Elaboração de Mapas Temáticos.....	63
3.2.6. Estatística	64
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
5.1. PH.....	69
5.2. DQO	70
5.3. DBO.....	74
5.4. SÉRIE DE SÓLIDOS (TOTAIS, FIXOS E VOLÁTEIS)	76
5.5. SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS.....	78
5.6. METAIS	79
5.7. OVOS DE HELMINTOS E COLIFORMES TERMOTOLERANTES.....	87
5.8. COMPARAÇÃO COM A RESOLUÇÃO CONAMA.....	92
5.9. TEOR DE PRODUTOS QUÍMICOS APLICADOS NAS ETAS	94

5.10. PROPOSTA MODELO DE GESTÃO DO LODO DE ETA	96
5.10.1. Diretrizes e Metas da Proposta de Gestão do Lodo de ETA	99
5.10.2. Proposta de Modelo de Programa de Trabalho para a Gestão do Lodo de Água na SANEPAR.....	101
5.10.2.1. Matéria-prima para produção de cerâmica vermelha	103
5.10.2.2. Recuperação de áreas degradadas	104
5.10.2.3. Disposição e lançamento controlado no solo	105
6. CONCLUSÃO	107
APÊNDICES	121

1. INTRODUÇÃO

O processo de potabilidade da água bruta, proveniente dos mananciais, é realizado usualmente nas Estações de Tratamento de Água (ETAs). As etapas físicas e químicas deste processo envolvem aeração, eliminação de impurezas grosseiras, pré-cloração, controle de vazão, coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, correção de pH e fluoretação (DI BERNARDO et al., 2002; TEIXEIRA et al., 2006).

O lodo gerado no tratamento nas ETAs é proveniente dos decantadores ou flotadores, além da água de lavagem dos filtros e rejeitos de limpeza dos tanques de preparo de suspensões de produtos químicos. Composto, geralmente, pelas sujidades da água bruta, coagulante, auxiliar de coagulação, alcalinizantes e polímeros empregados na etapa de desaguamento, com isto, enquadrado como resíduo sólido - Classe II A - não inerte, segundo a NBR 10.004 (ABNT, 2004; JANUÁRIO, 2005).

Logo, se faz necessária a destinação correta deste tipo de lodo. A disposição inadequada destes resíduos pode provocar a degradação do meio ambiente, em virtude dos possíveis metais pesados e teor de sólidos, bem como a contaminação de mananciais e do solo. Prontamente, torna-se importante que haja estudos para o tratamento e disposição final correta do lodo (DI BERNARDO et al., 2002; MENEZES, 2006).

Em nosso país, entretanto, estes resíduos são em sua maioria, lançados diretamente nos cursos d'água, sendo raras as estações que possuem um sistema adequado de tratamento e disposição do lodo produzido pelas ETAs (DI BERNARDO et al., 2002).

Quando lançados diretamente nos rios na forma líquida, estes efluentes estão sujeitos a legislações estaduais e federais que remetem ao lançamento de efluentes em forma líquida.

Cada ETA gera lodo com características diferentes, que dependem do tratamento aplicado, das condições da água bruta (presença de sólidos orgânicos e inorgânicos), das dosagens de produtos químicos (sulfato de alumínio, cloreto férrico, policloreto de alumínio e, em alguns casos, polímeros condicionantes) e da

forma de limpeza dos decantadores, que influencia no tempo de retenção do lodo na estação (RICHTER, 2001; MENEZES, 2006).

Devido à composição química mineralógica, o lodo de ETA pode ser tratado e disposto por métodos alternativos aos convencionais (por exemplo, disposição em aterros), como incorporação em tijolos, concreto e selagem em aterros sanitários (HOPPEN et al., 2005b). Estas técnicas são importantes para minimizar o impacto negativo do resíduo no ambiente e para reduzir custos, pois geram benefícios à companhia de saneamento, além de contribuir para a proteção do meio ambiente e para a melhoria da qualidade de vida da sociedade (NOVAK et al., 1995).

Outras opções de disposição do lodo de ETA são o emprego na fabricação de solo cimento, que é obtido através da mistura homogênea de solo, cimento e água (WIECHETECK, 2011).

A utilização parcial do lodo da ETA como matéria-prima para produzir materiais cerâmicos, como tijolos, também é uma opção para reutilização deste resíduo (TEIXEIRA et al., 2006).

O lodo de ETA também pode ser utilizado na recuperação de solos de áreas degradadas (MOTTA, 2011).

A aplicação do lodo de ETA em Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) pode ser uma possibilidade no tratamento deste resíduo (MARCHIORETTO, 2003).

Além das destinações já mencionadas, o lodo de ETA pode ainda ser coprocessado, ou seja, queimado em fornos de cimento (MURRAY, K.; DILLON, G., 1994).

As técnicas citadas necessitam que o lodo de água sofra desidratação. Os métodos são diversos que podem ser utilizados para este fim, como leitos de secagem, filtros-prensa e centrifugas (CORNWELL et al., 1987; RICHTER, 2001). O lodo deve possuir maior teor de sólidos para melhor responder às técnicas de desaguamento (HOPPEN et al., 2003).

Diante do panorama apresentado, causado pelo descarte do resíduo em questão, justifica-se este projeto de caracterização de lodos provenientes das ETAs da empresa de saneamento do Paraná, SANEPAR, para determinar a composição do lodo de ETA por região e, se possível, definir sua destinação adequada.

A estimativa de produção de aproximadamente 3.500 toneladas de lodo seco por mês nas 176 ETAs operadas pela SANEPAR (SANEPAR, 2013). Estes lodos

são classificados pela NBR-10004 como “resíduos sólidos” e devem, portanto, ser tratados e dispostos como tal.

Da mesma forma, para as ETAs que são empreendimentos de saneamento, no Paraná, há a Resolução SEMA n.º 21/2009 que dispõe sobre o licenciamento ambiental e estabelece condições e padrões ambientais. Esta Resolução em seu artigo 12 exige e dá prazo para que as ETA's implantem sistemas de tratamento e disposição final dos efluentes e resíduos gerados, incluindo lodos (PARANÁ, 2009).

Desta forma, fazem-se necessários estudos e propostas de trabalho com alternativas de destinação, facilitando assim sua replicabilidade e formação na cadeia de custos, respeitando o quadro regional de suas unidades e o seu desenho institucional, para o tratamento e disposição destes resíduos.

O presente estudo abrangeu um levantamento e caracterização dos lodos das ETAs do estado do Paraná. Também foram analisados os sistemas de desague a partir das possibilidades de destinação do lodo de acordo com as características observadas nas análises físico-químicas e microbiológicas.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Caracterizar e avaliar o potencial de destinação dos lodos provenientes das Estações de Tratamento de Água pertencentes à SANEPAR, através de análises químicas, físicas e microbiológicas.

1.1.2. Objetivos Específicos

Os objetivos do presente estudo são:

- Diagnosticar a distribuição e respectivas características das ETAs no estado do Paraná;

- Caracterizar o lodo a ser desidratado em períodos de chuva e estiagem, quanto aos parâmetros de metais, série de sólidos, demanda química de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio, potencial hidrogeniônico, coliformes termotolerantes e ovos de helmintos;
- Propor alternativas de destinação do lodo, considerando as características regionais e os resultados das análises;
- Propor procedimentos de gestão do lodo decorrente das estações de tratamento de água.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O tratamento de água indiscutivelmente gera benefícios sociais e econômicos, porém, como todo processo industrial suas operações podem gerar impactos no meio (RICHTER, 2001).

Neste contexto, a questão dos resíduos gerados nas ETAs, tanto do ponto de vista qualitativo como quantitativo, representa um desafio no seu gerenciamento, tanto no sistema gerador quanto à procura de disposição adequada para os mesmos visando atender a legislação vigente (SOUZA, 2009).

2.1. CONCEITO, COMPOSIÇÃO, CLASSIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DO LODO DE ETA

Lodos de estações de tratamento de água são os resíduos gerados nas descargas de decantadores, flotadores, na lavagem de filtros, no abrandamento e na remoção de ferro e manganês na água bruta (ASCE, 1996). Segundo Cornwell e colaboradores (1987), os resíduos gerados nas lavagens dos filtros e descarga nos decantadores (ou flotadores) são mais representativos nas ETAs.

Este resíduo é constituído, basicamente, de resíduos sólidos de natureza orgânica e inorgânica provenientes da água bruta, tais como: algas, bactérias, vírus, partículas orgânicas em suspensão, coloides, areias, argilas, siltes, cálcio, magnésio, ferro e manganês (GRANDIN et al., 1993).

Além dos elementos provenientes da água bruta, também formarão o lodo de ETA os flocculantes, hidróxidos de alumínio e ferro (em grande quantidade) e polímeros condicionantes (em alguns casos) também utilizados no processo de potabilização da água (SILVA et al., 2000).

Conforme ASCE (1996), os Resíduos de Estações de Tratamento de Água (RETA) podem ser divididos em quatro categorias:

- a) Lodo: gerado nas descargas dos decantadores, removidos em flotadores, na lavagem de filtros, no abrandamento e na remoção de ferro e manganês na água bruta;
- b) Concentrado salino: resultante do tratamento de água por técnicas de membrana, osmose reversa, eletrodialise e troca iônica;
- c) Carvão ativado e resinas de troca iônica desgastada e material filtrante usado;
- d) Emissões gasosas de unidades de controle de odor ou de técnicas de *air stripping* (processo de transferência de voláteis componentes de um líquido para uma corrente de ar).

Segundo Cornwell e colaboradores (1987) os resíduos gerados nas lavagem dos filtros e descarga nos decantadores (ou flotadores) são os mais representativos nas ETAs. A quantidade e a composição deste resíduo dependem da qualidade da água bruta, da concentração e tipo de produto químico utilizado para coagulação e auxiliares na coagulação, tipo de decantador, a forma de limpeza dos filtros, polímeros empregados na etapa de desaguamento, entre outros (CARNEIRO et al., 2013).

Na composição dos sólidos predominam materiais inorgânicos e a formação de óxidos e hidróxidos de Fe e Al, além de pouca quantidade de matéria orgânica (KONDAGESKI et al., 2013).

Hsieh e Raghu (1997), classificaram a água presente nos rejeitos de ETAs em quatro categorias, conforme (QUADRO 1) abaixo: água livre, água do floco, água capilar e água absorvida. O quadro a seguir indica as características e respectivas formas de remoção da água.

Tipo	Características	Forma de remoção da água
Água livre	Parcela de água que se move livremente por gravidade.	Sistemas mecânicos ou naturalmente, por drenabilidade e evaporação.
Água do floco	Está intimamente ligada à partícula floculada.	É necessária uma quantidade relativa de energia.
Água capilar	Fortemente ligada à partícula sólida por intermédio de pontes de hidrogênio. Esta se move com a partícula.	Aplicação de força mecânica.
Água absorvida	Ligada quimicamente à partícula sólida coloidal.	Aplicação de altas temperaturas ou elevada quantidade de energia elétrica.

QUADRO 1 – CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE ÁGUAS, CARACTERÍSTICAS E FORMAS DE REMOÇÃO DO LODO DAS ETAS.

FONTE: ADAPTADO DE HSIEH E RAGHU (1997).

Cordeiro (2001) apresentou uma forma de classificação em função de sua importância e do objetivo de estudo, sendo elas: ambientais ou geotécnicas. A primeira refere-se às questões ambientais, principalmente quanto à disposição do resíduo, sendo que os principais parâmetros para análise são pH, sólidos, metais, DQO, biodegradabilidade, toxicidade, pesticidas e fertilizantes, e compostos orgânicos e voláteis. A segunda, de acordo com Cordeiro (2001), refere-se a necessidade de evidenciar possíveis formas de remoção da água e de futuras utilizações para este resíduo, sendo que os principais parâmetros para análise são granulometria das partículas, limite de plasticidade, limite de liquidez, resistência específica, respostas ao aquecimento e resfriamento, e sedimentabilidade.

No Brasil, a norma técnica NBR 10.004, de 30 de maio de 2004, classifica os resíduos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que possam ser gerenciados adequadamente, incluindo as definições associadas ao tema, aos processos de classificação e aos métodos de ensaio (ABNT, 2004).

Esta norma técnica define os resíduos em estado sólido ou semissólido, como os que resultam das atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição.

Nesta definição permanece incluído o lodo proveniente de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam, para isso, soluções técnicas e não viáveis economicamente face à melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004).

A classificação de resíduos sólidos abrange a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, de seus constituintes e características e a comparação destes constituintes com uma listagem de resíduos e substâncias cujo impacto ambiental é conhecido conforme é indicada na NBR 10.004. Por meio desta norma, os resíduos sólidos são divididos em dois grupos:

- a) Perigosos (Classe I);
- b) Não perigosos (Classe II), subdividido em:
 - b.1) Não inerte (Classe II-A)
 - b.2) Inerte (Classe II-B)

O lodo gerado no tratamento de água representa um problema para as instituições responsáveis por esses sistemas, pois, é classificado de acordo com a NBR 10.004, de 2004, como Resíduo Classe II-A – Não Inerte e Não Perigoso (PONTES et al., 2012).

De acordo com Richter (2001), o volume da produção do lodo varia entre 0,2% a 5% do volume total de água tratada pela ETA. Segundo LUCIANO (1998), este valor representa, em volume, entre 0,3 a 1% da água tratada.

Segundo Silva e Isaac (2002) a quantidade de lodo originária dos decantadores representa cerca de 60 a 95% da quantidade total de resíduos produzidos na ETA, sendo o restante oriundo do processo de filtração.

Realí (1999) indicou que se pode estimar a produção de resíduo de lodo de ETA utilizando-se a vazão diária de água a ser tratada, conforme o (QUADRO 2) a seguir.

Tipo de manancial	Faixa de produção de produção de resíduos (g de sólidos secos por m ³ de água tratada)
Água de reservatório com boa qualidade	12 - 18
Água de reservatório com média qualidade	18 - 30
Água de rios com média qualidade	24 - 36
Água de reservatório com qualidade ruim	30 - 42
Água de rios com qualidade ruim	42 - 54

QUADRO 2 – ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE LODO DE ETA NO BRASIL DE ACORDO COM O TIPO DE MANANCIAL DE CAPTAÇÃO.
FONTE: ADAPTADO DE REALI (1999).

O abastecimento público no estado do Paraná é majoritariamente operado pela SANEPAR. O estado do Paraná está dividido em 20 unidades regionais de operação. Até dezembro de 2012 as captações para abastecimento de água contavam com 954 sistemas de água de origem subterrânea com 891 poços, 63 minas de captação e 195 minas superficiais (SANEPAR, 2013).

A estrutura para a prestação desses serviços conta também com 528 estações elevatórias de água bruta, 1.146 estações elevatórias de água tratada e 53 reservatórios de água bruta, 176 ETAs (162 em operação), 1.665 reservatórios de água tratada (ANDREOLI et al., 2013a).

Em dados do ano de 2012, a geração de lodo de ETA apresentou um volume aproximado de 118 mil litros de lodo de ETA a cada dia no estado do Paraná (CARNEIRO et al., 2013).

2.2. LEGISLAÇÃO PERTINENTE

A produção e destinação dos resíduos gerados nas ETAs estão sujeitas as legislações específicas, que tiveram uma evolução histórica nas últimas décadas.

2.2.1. Uso dos Recursos Hídricos

No Brasil, a Lei n.º 6.938, de 31 de agosto de 1981, instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente. É definido em seu artigo 2º os princípios adotados para a racionalização do uso do solo, subsolo, ar e água, bem como da preservação e restauração dos recursos ambientais visando sua utilização racional e disponibilidade permanente. Concorrendo para a manutenção do equilíbrio ecológico propício à vida e os objetivos desta política, em especial quanto à utilização racional e disponibilização permanente dos recursos ambientais (BRASIL, 1981).

As empresas de saneamento podem ser enquadradas como poluidores, definidos no artigo 3º, IV, dessa mesma Lei, ao infringirem o definido nos incisos II e III, alíneas c, d, e, desse artigo.

Artigo 3º - Para os fins previstos nesta Lei, entende-se por:
(...)

II - degradação da qualidade ambiental, a alteração adversa das características do meio ambiente;

III - poluição, a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

(...);

c) afetem desfavoravelmente a biota;

d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;

e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos;

IV - poluidor, a pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, responsável, direta ou indiretamente, por atividade causadora de degradação ambiental; (...).

A Lei n.º 9.605/1998, também chamada de Lei da Vida ou Lei dos Crimes Ambientais, que em seu Capítulo V - Dos Crimes Contra o Meio Ambiente — Seção III — Da Poluição e Outros Crimes Ambientais — dispõe, no artigo 54:

Causar poluição de qualquer natureza que resultem ou possam provocar danos à saúde humana, ou que provoque a morte de animais ou a destruição significativa da fauna.

A Lei n.º 6938/1981, define os instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente (artigo 9º), instituindo, entre eles, “o licenciamento e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras (inciso IV) (BRASIL, 1981)”.

Uma forma encontrada para proteger os mananciais e estimular os seus usuários a proteger e usufruir destes de modo racional, foi a implantação da cobrança pela utilização dos recursos hídricos instituídos, primeiro, pela Lei n.º 6.938/1981 artigo 4º, inciso IV (BRASIL, 1981).

Devidamente regulamentadas pela Resolução n.º 237, de 19 de dezembro de 1997, emitida pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que prevê o licenciamento ambiental para as atividades e empreendimentos constantes em seu anexo 1, aí incluídas as estações de tratamento de água” (BRASIL, 1997).

Outro preceito legal que fornece fundamentos jurídicos para a questão dos recursos hídricos é a Lei n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e dispõe, em seu artigo 2º, sobre os objetivos desta Política, como explicita no inciso II: “a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, com vistas ao desenvolvimento sustentável”. Também define, como parte do conteúdo mínimo dos Planos de Recursos Hídricos (artigo 7º), “as metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis” inciso IV (BRASIL, 1997).

A imposição dessas leis e o aumento no rigor nas fiscalizações dos órgãos ambientais fazem com que as empresas de saneamento que possuíam seus Termos de Ajuste de Conduta (TAC) junto aos órgãos ambientais também fiquem sujeitas a serem punidas e terem, até mesmo, o embargo de suas Estações de tratamento, se não se adequarem com um processo alternativo para eliminação de seus resíduos.

Posteriormente, pela Lei n.º 9.433/1997 que instituiu a cobrança como instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos, para o gerenciamento desses recursos, no artigo 5º, inciso IV e pela Lei n.º 9.984/2000, que instituiu a Agência Nacional de Águas (ANA) — em seu artigo 4º sobre a atuação dessa Agência, dispõe, no inciso VIII, que ela deve “implementar, em articulação com os Comitês de Bacia Hidrográfica, a cobrança pelo uso dos recursos hídricos de domínio da União” (BRASIL, 1997; BRASIL, 2000).

Em países como a França, Inglaterra e Alemanha, onde lei semelhante a Política Nacional de Recursos Hídricos já vigora, o benefício observado foi o de induzir as empresas que usam a água em seus processos à utilização mais eficiente desse bem. Por exemplo, as empresas de abastecimento público reformam frequentemente tubulações que provocam grandes vazamentos, pois, evitando-os, podem oferecer água em maior quantidade para abastecer a população (RICARDO e CAMPANILI, 2005).

No Brasil, o primeiro Estado onde a lei que institui a cobrança pelos recursos hídricos entrou em vigor foi o Ceará, em 1998, com taxação somente para captação, e em 2003, o Rio de Janeiro também começou a implantar a cobrança para a captação de água. (RICARDO e CAMPANILI, 2005).

O Paraná implantou sua Política Estadual de Recursos Hídricos, instituída pela Lei Estadual n.º 12.726, de 26 de novembro de 1999, criando o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, definindo o objetivo do regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos no Estado está no artigo 12 e sua cobrança no artigo 19 (PARANÁ, 1999).

O Decreto Estadual n.º 3.619, de 14 de setembro de 2004, aprovou o Regulamento da Águas do Paraná, que define, em seu anexo, no artigo 4º, os seus objetivos e, dentre eles, no inciso XIX, "a implementação da cobrança pelo direito de uso dos recursos hídricos" (PARANÁ, 2004).

A implantação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos foi implantada em setembro de 2013 no estado do Paraná. Inicialmente, estão sujeitos ao pagamento cerca de 80 empresas. Os valores foram fixados em R\$ 0,01 por metro cúbico de água captada diretamente dos rios, R\$ 0,02 para captações subterrâneas e R\$ 0,10 por quilo de efluentes orgânicos ou DBO lançados no rio (CTCOB, 2013).

2.2.2. Resolução SEMA N.º 021/2009

Esta resolução, estabelecida pela Secretaria de Meio Ambiente, dispõe sobre licenciamento ambiental, estabelece condições e padrões ambientais e dá outras providências, para empreendimentos de saneamento (PARANÁ, 2009).

De acordo com seu artigo 5º (PARANÁ, 2009), ficam dispensados do

licenciamento ambiental:

- a) as Estações de Tratamento de Água com vazão inferior a 30 l/s;
- b) todas as captações superficiais (rios e minas) e subterrâneas, como também perfuração e operação de poços, sendo apenas necessário outorga ou a dispensa de outorga pela SUDERHSA;
- c) as unidades de tratamento simplificado (apenas cloração + fluoretação) das águas de captações superficiais e subterrâneas;
- d) rede de distribuição, adutoras, reservatórios e elevatórias de sistemas de abastecimento de água;
- e) coletores tronco e rede coletora de esgoto.

Já de acordo com seu artigo 12º (PARANÁ, 2009), as estações de tratamento de água com vazão superior a 30 L/s deverão implantar o sistema de tratamento e disposição final de efluentes e resíduos nos seguintes prazos:

- I. Cinco anos, a partir da publicação desta Resolução, para as Estações de Tratamento de Água com vazão igual ou superior a 2.500 L/s;
- II. Sete anos, a partir da publicação desta Resolução, para as Estações de Tratamento de Água com vazão superior a 500 L/s e inferior a 2.500 L/s;
- III. Dez anos, a partir da publicação desta Resolução, para as Estações de Tratamento de Água com vazão superior a 30 L/s e inferior a 500 L/s.

Em seu artigo 13º fica determinado que as estações de tratamento de água ficam obrigadas a apresentar, ao Instituto Ambiental do Paraná (IAP), para sua aprovação e acompanhamento, o relatório de monitoramento dos resíduos gerados no processo de tratamento. A frequência varia de acordo com a vazão da ETA, sendo que para ETAs com vazão até 30 L/s, deve-se apresentar o relatório a cada dois anos e para ETAs com vazão superior a 30 L/s, deve-se apresentar anualmente.

2.2.3. Resoluções CONAMA

Quando lançados nos rios na forma líquida, os efluentes com resíduos estão sujeitos às determinações da Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa

e altera a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, e essa prática vem sendo questionada pelos órgãos ambientais, pois oferece riscos à vida aquática e à saúde pública (BRASIL, 2005; BRASIL, 2011; CARNEIRO et al., 2013).

A Resolução CONAMA n.º 357, de 17 de março de 2005, dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. Em seu artigo 2º, inciso IV, define condições de lançamento como as "condições e padrões de emissão adotados para o controle de lançamentos de efluentes no corpo receptor". Já no artigo 24 determina:

Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis.

O parâmetro principal para o lançamento de resíduos refere-se aos sólidos sedimentáveis somados às demais condições previstas no artigo 34 dessa Resolução, que dispõe que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água se obedecerem às condições de lançamento de efluentes previstas no seu parágrafo 4º:

- I - pH entre 5 a 9;
- II - temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C na zona de mistura;
- III - materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;
- IV - regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;
- V - óleos e graxas:
 - 1 - óleos minerais: até 20 mg/L;
 - 2- óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L; e
- VI - ausência de materiais flutuantes.

No entanto, não há Resolução do CONAMA que disponha sobre o tratamento e disposição do lodo de ETA. Existe somente a Resolução CONAMA n.º 375, de 29 de agosto de 2006, que define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em ETEs e seus produtos derivados (BRASIL, 2006). Portanto, utiliza-se a Resolução CONAMA n.º 375 de 2006 como base para se

comparar os parâmetros quando se destina o lodo de ETA em áreas degradadas e/ou disposição controlada em solo (MOTTA, 2011).

2.2.4. Legislação nos Estados Unidos da América

A opção por enfatizar a legislação norte americana se deve ao seu uso ser priorizado como base das regulamentações ambientais e leis brasileiras, tanto no âmbito nacional, quanto nos Estados e Municípios.

Os países desenvolvidos procuraram formar um mecanismo de gestão ambiental, de caráter preventivo, que subsidiasse a tomada de decisão dos setores públicos acerca de políticas, programas e projetos de desenvolvimento. O modelo seguido nos diversos países incorporou características da "*National Environmental Policy Act* (NEPA)", regulamentação norte-americana, de 1969, que instituiu a Avaliação de Impacto Ambiental na forma de uma Declaração de Impacto Ambiental (*Environmental Impact Statement/EIS*). Sendo assim, com a criação em 1981 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), o Brasil adotou as normas e regulamentações baseadas nas diretrizes norte-americanas (BRASIL, 2014).

Nos EUA o lodo de ETA é considerado resíduo industrial de acordo com a emenda da "*National Pollutant Discharge Act*" de 1972, sofrendo assim, restrições legais (RICHTER, 2001).

Cordeiro (1993) complementou que a partir da década de 70, passou a ser proibido o lançamento de qualquer tipo de resíduo nos EUA, inclusive lodo de ETAs, nas águas superficiais sem a autorização das autoridades responsáveis.

De acordo com Cordeiro (2001), os limites federais norte-americanos para lançamento de efluentes são definidos pela *Environmental Protection Agency* (EPA), cabendo aos escritórios estaduais a limitação específica para o lançamento de resíduos de ETA's. Segundo Cordeiro (1993), estudos realizados nos EUA no ano de 1953 verificaram que 92,5% das ETAs dispunham seu lodo em cursos de água, 3,5% em esgotos sanitários e 3% removiam a água em leitos de secagem. Ainda, em 1969, observou-se que 60% destas ETA's continuavam lançando seu lodo diretamente no rio.

Hoje a legislação vigente para a classificação das água e padrões de

qualidade no EUA é regido pela “Section 303 CWA, FWPCA” e os padrões de lançamentos seguem a “Section 301, Section 304 CWA, *Discharge Guidance Documents* EPA”.

Segundo AWWA (2011) os resíduos sólidos gerados nas ETAs dos EUA 51% são dispostos em aterros sanitários, cobertura de aterro e coprocessamento, 35% é efetuado o reuso, tais como aplicação superficial no solo e recuperação de área degradada, 8% disposto em ETEs juntamente com o efluente de entrada e 6% são colocados em pedreiras desativadas.

2.3. CONCEPÇÃO DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE LODOS

Os projetos de abastecimento de água trazem benefícios à população, porém, durante muito tempo foram desconsiderados eventuais impactos negativos sobre o ambiente.

Segundo Gandini e Galvis (2000), as variáveis que determinam o impacto ambiental nas ETAs são: área construída, volume de construção, requerimentos energéticos, produtos químicos e resíduos gerados no tratamento.

A crescente preocupação e regulamentação para preservar e recuperar a qualidade do meio ambiente têm imposto a busca de alternativas de tratamento, aproveitamento e disposição dos resíduos das ETAs, em 5564 estações existentes no Brasil (IBGE, 2010).

O interesse pelo tratamento, aproveitamento e disposição adequada do resíduo da ETA é assunto relativamente novo no Brasil. Por esse fato, ainda não há regulamentação que forneça limites na quantidade e qualidade do lodo utilizado em cada uma das alternativas de aproveitamento e disposição do resíduo (ANDREOLI et al., 2013a).

Ainda há sistemas que descartam seus resíduos nos corpos de água. De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008 (IBGE, 2010), 74,4% dos lodos de ETAs da região sul brasileira são lançados em rios e/ou corpos de água. O quadro a seguir (QUADRO 3) mostra a destinação do lodo de ETA gerado no Brasil.

Região	Destino do lodo de ETA gerado (%)						
	Rios	Solo	Reaprovei- tamento	Outros	Aterro Sanitário	Incineração	Mar
Norte	54,8	16,7	3,6	22,4	2,4	0,05	0
Nordeste	43,0	48,6	4,5	0,3	2,6	0	1,0
Sudeste	78,5	11,7	1,1	2,6	5,9	0,2	0
Sul	74,7	13,4	2,5	6,5	2,5	0	0,45
Centro-oeste	75,5	17,3	1,4	3,6	2,2	0	0

QUADRO 3 – DESTINO DO LODO DE ETA GERADO POR REGIÃO NO BRASIL.
FONTE: ADAPTADO DE IBGE (2010).

Os métodos comumente utilizados para tratamento do lodo consideram: equalização, regularização, condicionamento, adensamento, desaguamento, e em alguns casos secagem e incineração (ANDREOLI et al., 2013a).

O intuito dessas técnicas é reduzir o teor de umidade, e consequentemente o volume de resíduo, em função das opções de aproveitamento e de disposição do mesmo (ANDREOLI et al., 2013b).

Por razões técnicas e ambientais, os resíduos líquidos gerados nas ETAs devem ser adequadamente tratados, evitando-se o seu lançamento direto nos cursos de água. Pois seu lançamento pode causar diminuição do oxigênio dissolvido, aumento da turbidez e concentração de metais na biota (HOPPEN et al., 2005a).

Sendo assim, segundo a figura a seguir (Figura 1), os resíduos gerados na ETA são reunidos em um tanque de recepção e regularização, provido de agitador para homogeneização, constituindo o resíduo a ser tratado, com vazão constante bombeada continuamente para a sequência do processo de desague escolhido (SOUZA, 2009).

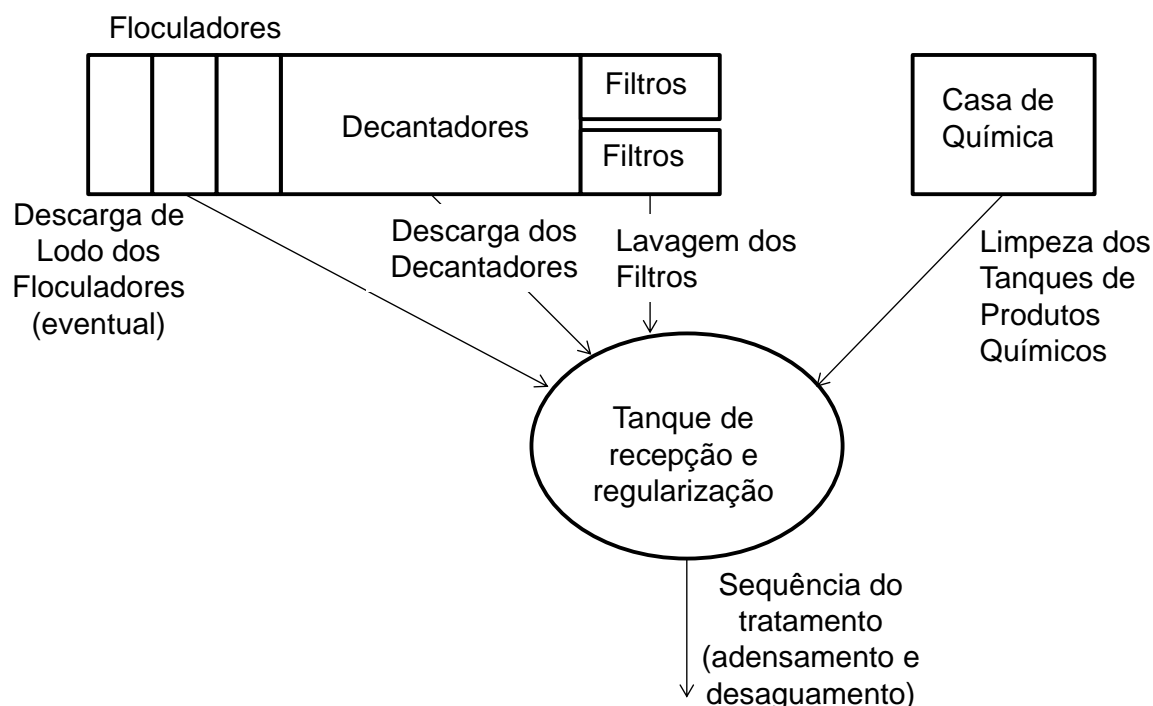


Figura 1 – Esquema da recepção dos resíduos gerados em ETAs convencionais de ciclo completo. Fonte: Adaptado de Apostila Treinamento SANEPAR (SANEPAR, 2011).

A frequência das descargas dos decantadores e o volume correspondente de cada uma delas devem ser conhecidos, assim como, o volume da água de lavagem de um filtro e a frequência com que essa atividade ocorre na ETA. A partir do tanque de recepção e regularização, pode-se ter bombeamento direto para a rede coletora para tratamento, em conjunto, na estação de tratamento de esgoto (SILVA et al., 2000).

2.3.1. Condicionamento do Lodo

Segundo as características dos resíduos gerados nas ETAs, é fundamental o condicionamento para o sucesso do adensamento e do desaguamento, gerando as condições necessárias para a liberação da água, especialmente se forem utilizadas unidades mecanizadas de tratamento (RICHTER, 2001).

No caso de métodos naturais como lagoa de lodo e leitos, geralmente, dispensa-se o condicionamento (GONÇALVES et al., 2001).

O condicionamento é um processo utilizado para melhorar as características de separação das fases sólido-líquida do lodo. É realizado através de meios físicos ou químicos (SOBRINHO, 2001). O tratamento químico consiste na adição de sais de alumínio e ferro, cal ou polímeros orgânicos ao lodo (BITTON, 2001). Através da adição desses condicionantes acontece a desestabilização das partículas do lodo com formação de flocos de maiores dimensões (MIKI et al., 2006). De acordo com Sobrinho (2001), o tamanho da partícula é considerado como o principal fator que afeta o desaguamento do lodo.

O condicionamento químico é utilizado no Brasil com sucesso na maioria dos sistemas de tratamento de água no Brasil empregando polímeros catiônicos, aniônicos ou não iônicos (GONÇALVES et al., 2001; SABOGAL-PAZ, 2007).

Já o condicionamento físico consiste na aplicação de métodos mecânicos e térmicos como exemplo: o uso de diatomácea para o desaguamento por filtro a vácuo ou filtro prensa. A utilização do condicionamento por congelamento e/ou descongelamento pode ser viável em locais de clima temperado, o uso de altas temperaturas pode ser atrativo em lodo com alta concentração de matéria orgânica (SABOGAL-PAZ, 2007).

2.3.2. Equalização e Regularização de Vazões

Geralmente consiste em implantar um tanque com agitação que uniformize a vazão do resíduo e a concentração de sólidos, para posterior encaminhamento à estação de tratamento dos resíduos ou à alternativa selecionada para disposição (GONÇALVES et al., 2001).

Contudo, se deve ter atenção quanto às características de operação do sistema, pois, em termos volumétricos, a maior quantidade de resíduos apresenta características distintas quanto à vazão e concentração de sólidos. Razão pela qual, às vezes, é melhor o projeto de tanques separados para a água de lavagem dos filtros e para a descarga dos decantadores. Embora estudos de viabilidade técnica e econômica devam ser realizados para selecionar o melhor arranjo (SANEPAR, 2011).

2.3.3. Adensamento do Lodo

Segundo Grandin e colaboradores (1993), a correta concepção do sistema de adensamento é de vital importância no sucesso operacional da Estação de Tratamento de Resíduo (ETR), especialmente aquelas que utilizam desaguamento mecânico, porque garante a concentração de sólidos superior a 20 g/L, necessária para o adequado funcionamento da unidade de desaguamento.

O adensamento também é importante quando se pretende extrair o clarificado obtido no tratamento do resíduo, com intuito de recirculá-lo na ETA (SABOGAL-PAZ et al., 2003).

De acordo com Reali e Patrizzi (1999) existem três tipos básicos de adensadores: por gravidade (sedimentadores), por flotação (por ar dissolvido) e mecanizados. O adensamento por gravidade pode ser realizado por batelada, especialmente em pequenas instalações. Outra opção é seu funcionamento contínuo, porém, fornece baixa concentração de sólidos (< 10 g/L), dependendo das características do resíduo e da operação da ETA (RICHTER, 2001).

No Brasil, os adensadores por gravidade com alimentação contínua e formato circular em planta são os mais utilizados (SABOGAL-PAZ et al., 2003) conforme figura a seguir (Figura 2).



Figura 2 - Adensador de lodo por gravidade de formato circular, onde: (a) em vista geral e (b) detalhe interno.

Neste adensador o lodo é alimentado próximo ao centro da unidade, de onde é distribuído radialmente. Outras formas de adensadores são o dinâmico helicoidal, e o mecânico de esteira (REALI e PATRIZZI, 1999).

2.3.4. Desaguamento de Lodo

O desaguamento de lodo adensado é uma operação na qual se procura aumentar a concentração de Sólidos Suspensos Totais (SST), com a consequente redução do volume de lodo a ser disposto (REALI, 1999).

A etapa de desidratação comumente permite alcançar os teores de sólidos requeridos para as alternativas de destinação. A desidratação pode ocorrer através dos sistemas naturais e dos sistemas mecânicos (GUIMARÃES, 2007).

O desaguamento de lodo pode ser efetuado por meio de lagoa, leito de secagem, centrífuga, filtro prensa de esteira, filtro prensa de placas e filtro prensa parafuso. Cada técnica de desaguamento possui suas peculiaridades, vantagens e desvantagens e, por isso, deve ser avaliada conforme seu desempenho e seus gastos com investimento e funcionamento para selecionar a melhor alternativa (FERNANDES e SOUZA, 2001).

2.3.4.1. Centrífuga

A centrifugação é um processo de separação das fases do lodo pela ação da força centrífuga gerada quando se rotaciona um recipiente cilíndrico contendo o lodo de ETA. Neste caso as partículas mais densas (sólidos) são rapidamente impulsionadas na direção da parede interna do cilindro, onde são acumuladas e separadas da fase líquida (REALI e PATRIZZI, 1999).

O lodo adensado é usualmente conduzido para um tanque de armazenamento provido de misturador submersível ou agitador tipo turbina, a partir do qual é bombeado (geralmente por meio de bombas do tipo deslocamento positivo) para uma câmara da centrífuga, recebendo solução de polímero para aumentar a eficiência do processo (REALI, 1999).

As centrífugas (Figura 3) comumente utilizadas apresentam tambores cilíndricos com parede não perfurada, na qual o lodo é compactado na face interna do tambor.

Com essas características existem três tipos de centrífugas mais utilizadas: as de disco com eixo vertical, com tambor não perfurado de eixo vertical e centrífugas decantadoras de eixo horizontal (REALI, 1999).



Figura 3 – Centrífuga desaguadora de lodos do tipo decantador de eixo horizontal.

Os requisitos recomendados de alimentação das centrífugas são de $ST \geq 2\%$ e são capazes de gerar torta de lodo com teores de 15-35% de sólidos (RICHTER, 2001).

2.3.4.2. Filtro Prensa de Esteira

O método de filtro prensa de esteira usa combinação da drenagem gravitacional e pressão mecânica para desaguamento do lodo previamente condicionado. Existem três processos básicos para o uso deste equipamento: o condicionamento do lodo afluente, drenagem gravitacional e a compactação do lodo (CORDEIRO, 1999).

Na zona de drenagem gravitacional, o lodo é introduzido na esteira e orientado por um sistema de distribuição através de rastelos. Após isso ele é comprimido por um rolo. A compactação ocorre a partir da introdução do lodo no espaço entre as esteiras em movimento, sofrendo compressões sucessivas até chegar a um tambor perfurado. Em seguida, as esteiras são comprimidas por uma

série de roletes que aumentam a pressão de desaguoamento. O lodo seco é removido por meio de raspadores (CORDEIRO, 1999).

O filtro prensa de esteira necessita de lodo afluyente entre 3 e 6% de teor de sólidos para obter uma torta de 17 a 20% de sólidos (RICHTER, 2001).

2.3.4.3. Filtro Prensa de Placas

Este sistema funciona de forma intermitente, sendo que o lodo é introduzido em câmaras onde mantas filtrantes estão dispostas. O material é comprimido sobre o meio filtrante por meio de aplicações de pressões diferenciais, fazendo com que o filtrado seja removido, restando na câmara uma mistura com teor elevado de sólidos (CORDEIRO, 1999).

Suas desvantagens referem-se ao alto custo de aquisição e a necessidade de substituição regular das telas de filtração (GONÇALVES et al, 2001).

O filtro prensa de placa precisa de lodo afluyente com teor de sólidos na ordem de 3-6% para alcançar uma torta de 30 a 40% de sólidos (RICHTER, 2001).

A principal vantagem do filtro prensa é a obtenção de um lodo final com alta concentração de sólidos (35%), que de acordo com comparação feita por Gonçalves e colaboradores, (1999), é superior a dos outros equipamentos mecânicos. O efluente líquido possui uma melhor qualidade devido a menor presença de sólidos no efluente e tem um menor consumo de produtos químicos para condicionamento do lodo.

2.3.4.4. Prensa Parafuso

Esta prensa promove a desidratação mecânica, a descarga da torta é realizada por gravidade e transporte horizontal automático através de roscas até caçambas estacionárias externas. O ideal é que torta possua teor mínimo de sólidos em torno de 20%, podendo chegar no máximo de 25% (PAIVA e PARREIRA, 2012).



Figura 4 - Prensa tipo parafuso desaguadora de lodos.

A prensa parafuso garante operações de desidratação de lodos em velocidades muito baixas. Devido às baixas velocidades de operação (até 2 RPM), uso e desgaste são minimizados, garantindo um funcionamento sem problemas. Seu requisito de alimentação e obtenção de torta se equivale à centrífuga. No entanto se recomenda seu uso em função do baixo nível de ruído operacional (COSTA, G.J., 2010).

2.3.4.5. Filtração em Geotêxtil

Os geossintéticos são produtos poliméricos de materiais tecidos e não tecidos, cujas principais funções destacam-se a filtragem, pois, permitem a passagem de fluídos com pouca perda de solo, passagem livre de fluídos e separação de materiais dissimilares evitando que se misturem (PIEPER, 2008).

Dentre os geossintéticos, os geotêxteis são os mais utilizados para a solução de problemas ambientais, pois, podem ser utilizados para drenagem, filtração, contenção e desaguamento de resíduos (OLIVEIRA, 2010).

O experimento realizado por Oliveira e Aisse (2010) foram comparados leitos de secagem com diferentes composições. Ao ser analisada a característica do drenado, observou-se que, em leitos de secagem alternativos com geotêxtil não tecido bidim, houve drenagem satisfatória. Já, em leitos de secagem com geotecido, verificou-se a ocorrência de colmatação na metade do ciclo.

Mantas são usadas nos leitos modificados, as quais, dependendo da técnica utilizada na combinação das fibras durante a fabricação, são classificadas em tecido geotêxtil e não tecido (OLIVEIRA, 2010).

Trabalhos realizados por Cordeiro (2001) analisaram mantas, cujas densidades variaram de 150 a 600 g/m². A que apresentou melhores resultados para o caso do estudo foi a manta com densidade de 600 g/m². Suas recomendações foram que o leito de secagem em escala real possua uma laje de fundo em concreto com inclinação de 2% a 3% e paredes laterais de alvenaria com 60 cm de altura. Além deste fato, que haja sobre a laje uma camada suporte de brita e sobre ela, uma manta geotêxtil. Quanto ao drenado, pode ser realizada a coleta em tubos de PVC e encaminhado para recipientes coletores (GRANDIN et al., 1993).

No sistema de *bag's*, também chamado de *geotubes*® e/ou geoforma, é feito o acondicionamento do lodo em bolsas fabricadas de material geotêxtil. O uso ocorre através do enchimento com lodo e desidratação por meio da drenagem, a qual é possível devido aos pequenos poros presentes no tecido que também fazem a retenção de sólidos. Mesmo depois na drenagem, a secagem ocorre, pois, o tecido permite a passagem de vapor d'água (LIBÂNIO, 2005).

Além dos *bag's* (Figura 5) reduzirem o teor de umidade, eles também podem reter contaminantes eventualmente presentes no material. No início do processo de filtração, algumas partículas sólidas escapam e se forma uma película na interface do geotêxtil com o material a ser desidratado (ASCE, 1996).



Figura 5 – Parte interna do geotêxtil tipo bag com lodo desidratado no fundo.

Essa película é denominada torta de filtração e dificulta a passagem de fluido pelo tecido, retendo um alto teor de umidade no interior dos tubos. Isso pode fazer com seja necessário a abertura dos tubos para que, com a evaporação, haja a redução do teor de umidade. A adição de polímeros pode tornar a filtração mais eficiente e diminuir o risco de colmatação do tecido (OLIVEIRA, 2010).

Um percentual de $ST > 1\%$, é recomendado para minimizar o preenchimento dos poros na alimentação (PIEPER, 2008). O lodo no geotêxtil pode atingir teores de sólidos na faixa de 20 a 50% (SABOGAL-PAZ, 2007).

2.3.4.6. Lagoas de Lodo

A desidratação em lagoas de lodo (Figura 6) ocorre em três fases: drenagem, evaporação e transpiração. Elas podem ser naturais ou artificiais, sendo necessárias grandes áreas para sua implantação, para tanto o custo do terreno é fator fundamental para escolha deste método, sua vida útil é de aproximadamente 10 anos (CORDEIRO, 1999). O emprego das lagoas elimina o uso de tanques de recepção e de unidades de clarificação e adensamento do lodo (RICHTER, 2001).



Figura 6 - Lagoa desaguadora de lodos da ETA Cotia/PR.

Esta técnica é viável em ETAs de pequena capacidade com disponibilidade de área junto à estação, não obstante, algumas instalações de grande porte, especialmente na região nordeste do Brasil, possuem esse tipo de desaguamento (CORDEIRO, 1999).

2.3.4.7. Leitos de Secagem e Leitos de Drenagem

Os leitos de secagem são constituídos por tanques rasos, com duas ou três camadas de areia, com granulometrias diferentes e cerca de 30 cm de espessura. O sistema completo é composto por camada suporte, meio filtrante e sistema de drenagem (DI BERNARDO et al., 2002).

De acordo com Gonçalves e colaboradores (2001), os leitos de secagem são indicados para plantas de tratamento de pequeno e médio porte, com estações tratando uma população equivalente de até 20 mil habitantes, localizada em áreas afastadas da zona urbana.

Segundo Grandin e colaboradores (1993) as principais vantagens da utilização de leitos de secagem estão relacionadas ao baixo valor de investimento, simplicidade operacional, baixo consumo de energia elétrica e produtos químicos, baixa sensibilidade a variações nas características do lodo.

Já as suas desvantagens relacionam-se à grande área requerida com implicações com o custo do terreno, exigência de estabilização prévia do lodo, influência significativa do clima no desempenho operacional, a retirada do lodo seco requer muita mão-de-obra e é um processo lento, liberação de odores desagradáveis e risco de contaminação do lençol freático (GONÇALVES et al., 2001).

2.3.4.8. Secagem Térmica e Incineração

A secagem e incineração são tratamentos utilizados como extensão do adensamento e do desaguamento do resíduo, os quais incrementam a concentração de sólidos a valores superiores a 30% (JANUÁRIO e FERREIRA FILHO, 2007). Dessa forma, os principais objetivos da secagem e incineração são: diminuir o volume do resíduo e com isto o gasto com transporte até o destino final, atenuar o risco sanitário associado à presença de micro-organismos patogênicos de periculosidade à saúde pública e aumentar a potencialidade do resíduo como

material de cobertura de células de aterro sanitário ou sua incorporação como matéria-prima na indústria, principalmente de cerâmica e de concreto.

O sistema de secagem térmica é um conjunto complexo de equipamentos, composto por secador térmico, silos de armazenagem dos biossólidos desidratados, sistemas de alimentação e mistura, queimador de combustível, condensador para lavagem de gases e remoção de pó, sistemas de controle de odores e equipamentos para transporte ou transferência dos biossólidos entre os diversos componentes (DAVID, 2002).

A secagem térmica geralmente é um processo caro, pois, envolve a utilização de combustível para a geração de calor e mão-de-obra para manuseio e controle (DAVID, 2002).

Já a incineração dos resíduos envolve evaporação e secagem da água, junto com a queima dos sólidos secos. Existem diversos tipos de incineradores no mercado, porém, deve-se destacar que resíduos aluminosos do lodo provocam a formação de escórias nas paredes dos incineradores, além de gerar gases tóxicos que devem ser controlados e cinzas que precisam ser adequadamente dispostas no ambiente (CORDEIRO, 2001).

A incineração é considerada um processo muito dispendioso, onde os custos podem chegar a R\$ 2.000,00 por tonelada de lodo desidratado, restando ainda cinzas que devem ser dispostas em aterro. Esse processo pode se tornar menos dispendioso se a energia proveniente da incineração do lodo seco fosse aproveitada e utilizada nos secadores térmicos (MIKI et al., 2006).

A secagem térmica e a incineração podem atingir teores de sólidos de 90-95%, porém exigem cuidados ambientais em função das emissões gasosas, custos elevados em equipamentos e mão de obra especializada (SABOGAL-PAZ, 2007).

2.4. APROVEITAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DO LODO

A procura por soluções economicamente viáveis e ambientalmente vantajosas para aproveitamento e disposição final do lodo de ETAs continua sendo um grande desafio para as empresas de saneamento no Brasil.

As alternativas técnicas por enquanto mais viáveis para essa finalidade são: matéria-prima para a fabricação de tijolos e blocos cerâmicos (TEIXEIRA et al., 2006); produção de cimento, incorporação do lodo em matriz de concreto (HOPPEN et al., 2006); melhoramento de solos agrícolas, disposição controlada no solo, reaterro e recuperação em áreas de degradadas (MOTTA, 2011).

Igualmente as técnicas de recuperação de coagulantes, auxiliar na decantação de água com baixa turbidez, recirculação nas ETAs e remoção de fósforo em lagoas de tratamento de efluente são técnicas consideradas passíveis de aplicação (RICHTER, 2001).

Os métodos de disposição comumente utilizados são os aterros, a disposição em ETEs e lançamentos nos corpos de água (SABOGAL-PAZ et al., 2003).

2.4.1. Fabricação de Bloco Cerâmico e Tijolo

Os lodos de ETAs apresentam, muitas vezes, características físicas e químicas análogas aos materiais utilizados na fabricação de tijolos (Figura 7) pois, apresentam propriedades físicas e químicas próximas à argila natural e xisto usado na produção destes materiais (MEGDA et al., 2005).



Figura 7 – Aproveitamento de lodo de ETA em olarias, onde: (a) lodo de ETA para mistura diretamente na jazida; (b) maromba de extrusão do bloco cerâmico; e (c) pátio de secagem do tijolo.

O lodo de ETA desaguado pode ser introduzido no processo de fabricação de blocos não estruturais (tijolos), sendo misturado numa proporção de até 5%. Estudos demonstram que não há uma melhoria na qualidade com a mistura de lodo de ETA com argila, porém, promove a prática da reciclagem através da utilização de

resíduos industriais, podendo trazer inúmeros benefícios ambientais, substituindo a utilização de recursos naturais por resíduos reciclados (JANUARIO et al., 2007).

O lodo pode ser aplicado durante o processo de fabricação de tijolos ou diretamente na própria jazida onde a argila é retirada. Normalmente, para aplicação nas jazidas, o lodo desidratado é transportado e aplicado na proporção de 10% de lodo e a mistura com a argila é realizada no local. Na maioria dos casos, a aplicação direta em jazidas não requer a utilização de equipamentos ou maquinários além dos comumente utilizados na extração de argila (MEGDA et al., 2005).

A aplicação durante o processo de fabricação exige maior cuidado na fase de introdução do lodo no processo, exigindo adaptações e aquisição de unidades de estocagem, dosadores, além do sistema de introdução do lodo propriamente dito. O teor de umidade do lodo é parâmetro importante para determinar o manuseio do lodo (MEGDA et al., 2005).

A utilização do lodo gerado no mercado depende, principalmente, da aceitação e do seu custo por parte das indústrias cerâmicas e consumidores finais. Normalmente exige-se concentração de sólidos superior a 30%, para a utilização do lodo de ETA como matéria-prima na fabricação de cerâmicas vermelhas (TSUTIYA e HIRATA, 2001).

O custo dependerá das condições em que as cerâmicas obtêm sua matéria prima, distância da jazida, aspectos ambientais e daquelas que a companhia de saneamento poderá oferecer tais como: transporte até a indústria ou retirada na ETA e vantagem econômica para a indústria (JANUARIO et al., 2007).

2.4.2. Fabricação de Cimento e Incorporação do Lodo em Matriz de Concreto

De acordo com Megda e colaboradores (2005), a utilização de lodos de ETAs na fabricação de cimento Portland é realizada com sucesso por empresas de saneamento nos EUA. Os materiais comumente utilizados na fabricação do cimento Portland são calcário, xisto e argila. O calcário corresponde a cerca de 70 a 80% do material bruto utilizado, porém, com baixas concentrações de sílica, ferro e alumínio.

A solução para esta deficiência, segundo a autora, é a adição argila, xisto, minério de ferro e bauxita (HOPPEN et al., 2006).

Os lodos de ETAs que utilizam coagulantes durante o processo de tratamento normalmente contêm todos esses elementos citados acima, e por isso, o lodo é introduzido no processo de fabricação do cimento na fase de pré-homogeneização das matérias primas. O teor de sólidos necessário para esta aplicação é de no mínimo 50%, sendo que valores menores comprometem a qualidade do cimento (TSUTIYA e HIRATA, 2001). Este lodo substitui certas proporções de matérias-primas, pois, os principais componentes do cimento são CaO , SiO_2 , Al_2O_3 e Fe_2O_3 , que também podem ser encontrados nos lodos de ETAs (CORNWELL et al., 1987; RICHTER, 2001).

Alternativamente é a possibilidade de reunir lodo de ETA em conjunto com os resíduos da construção civil para incorporação em matriz de concreto e produção de argamassa, minimizando assim os impactos ambientais gerados por estes dois setores (MEGDA et al., 2005). A técnica dá destino útil ao lodo da ETA, porém, ainda está em desenvolvimento. Por isso, sua teoria não é clara e a regulamentação brasileira não fornece normas específicas (SABOGAL-PAZ et al., 2007). Este material tem boa resistência à compressão, bom índice de impermeabilidade, baixo índice de retração volumétrica e boa durabilidade (WIECHETECK, 2011).

2.4.3. Recuperação de Solos Agrícolas e Disposição no Solo

Os benefícios da aplicação de lodos de ETAs em solos agrícolas referem-se à melhoria estrutural do solo, ajuste de pH, adição de traços minerais, aumento da capacidade de retenção de água e melhoria das condições de aeração do solo. Em contrapartida, a presença de ferro e alumínio, e a baixa concentração de matéria orgânica pode prejudicar as plantas, tornando desinteressante a aplicação de lodo de ETA no solo (TSUTIYA e HIRATA, 2001; MOTTA, 2011). A aplicação de lodos de ETAs como condicionadores do solo torna-o mais poroso, restando assim mais umidade e aumentando sua coesividade (RICHTER, 2001).

O lodo de ETA pode ser utilizado no cultivo de gramas, sendo que esta alternativa aumenta a aeração e a capacidade de retenção de líquido no solo, fornecendo também nutrientes adicionais às plantas (MEGDA et al., 2005).

Outra aplicação do lodo de ETA é na compostagem, mais especificamente aos sistemas de leiras, trazendo benefícios como ajuste da umidade, fornecimento de traços minerais e ajuste de pH. Outros usos ainda podem ser para a produção de solo comercial e para suprir a deficiência de ferro em plantações de cítricos, como laranja e limão (MEGDA et al., 2005).

Na produção de solos comerciais está condicionada a concentração de sólidos entre 40% a 60%. Caso contrário, torna-se inviável seu aproveitamento, para as demais formas de disposição no solo, o lodo de ETA pode ser aplicado na fase líquida ou após a desidratação. O lodo líquido pode ser aplicado na fase de preparação do solo como na fase de crescimento da grama. Estudos devem ser realizados para a determinação da dosagem de aplicação mais adequada para que na fase de preparação do solo, a umidade não exceda a umidade adequada e, para que na fase de crescimento, os sólidos não cubram as folhas da grama prejudicando a fotossíntese (MEGDA et al., 2005; BITTENCOURT et al., 2012).

2.4.4. Recuperação de Coagulante do Lodo de ETA

Tsutiya e Hirata (2001), relataram em seu trabalho, que a recuperação de coagulantes consiste na solubilização das espécies de alumínio ou ferro que possuem o potencial de coagulação.

Esta recuperação pode ser realizada por via ácida, via alcalina, extração com solventes orgânicos e extração por complexação ou quelação. O método mais utilizado é a recuperação de coagulantes pela via ácida (GONÇALVES et al., 1999).

De acordo com Cornwell e colaboradores (1987), a recuperação do alumínio ultrapassa 90% em algumas ETAs americanas, sendo que o coagulante recuperado apresenta uma qualidade melhor que do coagulante adquirido comercialmente.

Esta é uma alternativa que se mostra viável economicamente para ETAs que atendem a cidades com população superior a 20.000 habitantes, sendo que há a

diminuição de gastos de coagulantes, e uma menor geração de resíduo final de lodo de água (GONÇALVES et al., 1999).

2.4.5. Reaterro em Obras de Saneamento

O grande custo que as empresas de saneamento possuem com obras de manutenção nas redes de água e esgotos chamam atenção para a procura de métodos mais eficientes de procedimentos de intervenção e posterior destinação dos resíduos gerados nas manutenções (HUNDAL et al., 2005).

Os serviços de manutenção das redes envolvem a retirada de solo contaminado, que devem ser corretamente destinados em relação à Resolução CONAMA nº 307 de 2002, e assim averiguar melhores formas de disposição ou reaproveitamento. Para tanto, a empresa de saneamento tem custos para a destinação final do solo contaminado, custos para a compra de solo para o reaterro, e custos para a destinação final de lodo de esgoto (BRASIL, 2002; FORTES et al., 2008).

Em busca de um processo mais eficiente, observa-se o potencial de aproveitamento do lodo de ETA em obras de reaterro (FORTES et al., 2008).

Em 2006, Fortes et al. (2008) realizaram uma pesquisa para estudarem preliminarmente o uso de lodo de ETA misturado com cal com o objetivo de inertizar o lodo de ETA, para ser utilizado como material de reaterro de valas e os resultados preliminares foram promissores.

2.4.6. Aterro Sanitário Classe II

De acordo com as diretrizes da NBR n.º 10.004/2004, o lodo de ETA é classificado como resíduo sólido classe II não perigoso e não inerte, podendo ser destinado no aterro sanitário de resíduos não perigosos.

A disposição em aterros sanitários é recomendável à concentração de sólidos acima de 25% para facilitar a logística e redução do custo de transporte (REALI, 1999).

Esse sistema apresenta a vantagem de transferir a responsabilidade de gerenciamento do resíduo para o aterro sanitário. Em contrapartida apresentam-se diversas desvantagens como: necessidade da estação de tratamento de resíduos da ETA ter unidades de adensamento, desaguamento e secagem para atingir a concentração de sólidos necessária para disposição em aterro, elevados custos de transporte e de disposição no aterro e incerteza sobre o gerenciamento correto do aterro (JANUÁRIO e FILHO, 2007).

2.4.7. Cobertura de Aterro Sanitário

O lodo de ETA também pode ser utilizado para selamento de aterros sanitários, funcionando como uma camada de “solo”, o que acaba por auxiliar na disponibilidade de fósforo e metais pesados dos aterros (FERNANDEZ e SOUZA, 2001).

Quando os lodos contendo metais ou resíduos perigosos são codispostos em aterros sanitários, sofrem processo de estabilização e sua fração orgânica pode ser degradada. Assim como certos resíduos industriais, tais lodos exercem influência no processo de estabilização dos aterros sanitários (FERNANDEZ e SOUZA, 2001).

Experiências de codisposição realizadas na Inglaterra, utilizando resíduos industriais com concentrações de metais duas vezes maiores que aquelas encontradas em resíduos domésticos, concluíram que não causam alterações significativas na qualidade dos líquidos percolados e recomenda-se um teor de sólidos acima de 25% para se utilizar em cobertura de aterros (REALI, 1999).

Realí (1999) realizou estudo de codisposição de lodo de ETA com resíduos sólidos orgânicos. Neste estudo foi verificado que esta codisposição de lodo de ETA e resíduos sólidos estritamente orgânicos em altas proporções foi a condição mais favorável à possível lixiviação do Al (III), propiciadas pelas altas concentrações de ácidos graxos voláteis no meio.

A codisposição de lodos de ETA, no entanto, em célula com baixo conteúdo de resíduos orgânicos apresentou-se como uma possibilidade de tratamento para o resíduo, sem risco de lixiviação potencial de Al (III) para o (FERNANDEZ e SOUZA, 2001).

2.4.8. Disposição do Resíduo em ETE

O descarte de lodo de ETA em ETE tem alguns efeitos positivos, tais como: controle de H_2S , contribui para sedimentação, aumento da eficiência dos decantadores primários e da remoção de fósforo. O volume de lodo produzido, contudo, é maior e aumenta o risco de acúmulo de sólidos nos reatores das ETEs (JANUÁRIO, 2005).

Outra vantagem é que além de possibilitar a instalação de apenas uma central de tratamento de lodos, resulta em grande economia de escala (MARCHIORETTO, 2003).

O aproveitamento do lodo de água em sistema de esgoto pode beneficiar o tratamento da ETE. Estudos comprovaram que a presença de sólidos inertes extremamente finos (abundantes nos lodos de ETAs), pode ser utilizada como suporte inerte para favorecer a aderência e colonização dos mesmos através de biofilmes, para se tratar os esgotos sanitários (MENEZES, 2006).

Segundo Richter (2001) para descarga na ETE é recomendável uma concentração de até 8% de sólidos totais.

Uma maior eficiência na remoção de fósforo é observada, quando lodos que contêm alumínio ou ferro são lançados em ETEs. Contudo, os sólidos dissolvidos presentes nos lodos de ETAs, em determinadas concentrações podem inibir o processo biológico de tratamento de esgotos (CARNEIRO et al., 2013).

Uma recomendação é equalizar a descarga de acordo com as vazões afluentes à ETE, para que as concentrações de compostos potencialmente tóxicos permaneçam constantes. A toxicidade do lodo ao sistema biológico de tratamento, bem como, as consequências desta descarga à qualidade e a produção dos lodos das ETEs, devem ser analisadas para evitar qualquer efeito indesejado ao sistema de tratamento de esgotos (TSUTIYA et al., 2001).

De acordo com Tsutiya e colaboradores (2001), se for realizada de forma contínua a remoção de lodos de ETAs dos decantadores, a descarga nos sistemas coletores de esgotos pode ser realizada diretamente.

Se essa remoção, todavia, for feita em regime de batelada, faz-se necessário um tanque equalizador, antes da descarga do lodo no sistema coletor de esgotos (MENEZES, 2006).

2.4.9. Disposição em Corpos de Água

A disposição de lodo de ETA em corpos de água é a prática mais utilizada e a mais barata forma de disposição de lodos de ETA (RICHTER, 2001; HOPPEN, 2004). Muitas das restrições atribuídas estão associadas à transformação do coagulante utilizado e suas reações químicas subsequentes podem alterar a biota aquática, além de alterações de qualidade da água como consequência da presença de altos índices de turbidez, DQO, série de sólidos e metais (DI BERNANDO e SABOGAL-PAZ, 2008).

Impactos como a redução de oxigênio dissolvido, decomposição de matéria orgânica em ambientes anaeróbicos, acúmulo de sedimentos no fundo, odor, tem sido destacados na literatura como prováveis causas do lançamento indiscriminado do lodo de ETA em rios (MACHADO et al., 2002).

Na disposição em corpos hídricos a porcentagem de sólidos presentes no lodo deve ser menor que 8% (RICHTER, 2001).

3. MATERIAL E MÉTODOS

A primeira etapa desta pesquisa foi o levantamento e diagnóstico das Estações de Tratamento de Água (ETA) pertencentes à SANEPAR, operantes no Paraná.

À partir da compilação destes dados foi realizado um levantamento selecionando os sistemas de maior representatividade considerando os dados de Bacias Hidrográficas e Geologia com base nos mapas elaborados pelo MINEROPAR (2006 e 2008) e mapas de Tipos de Solos Predominantes no Estado do Paraná (EMBRAPA 1981, 1984 e 1999).

De propriedade destes estudos foi elaborado cronograma de coleta de amostras, baseando-se num questionário enviado para os gestores das ETAs em operação. Os questionários foram aplicados de agosto a outubro de 2012. Desta forma foi realizada a sua correlação com os bancos de dados de qualidade da água levantados na própria empresa de saneamento do Estado do Paraná.

A segunda etapa deste estudo constituiu na coleta de lodo em cada ETA, (em triplicata) nos períodos de estiagem e chuvoso. O lodo foi avaliado por meio de análises químicas, físicas e microbiológicas.

Alternativas de destinação do lodo foram propostas a partir da compilação destes dados, considerando as características regionais e os resultados das análises.

3.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo foi determinada através de uma consulta interna na SANEPAR. Ao todo existem 176 ETAs, sendo que 164 estão em operação, gerenciadas por 20 unidades operacionais distribuídas por todo o território estadual.

Foram escolhidas 44 ETAs para uma caracterização mais detalhada. A seleção das ETAs se deu por meio de vários filtros, sendo eles:

- Vazão de água bruta a ser tratada maior que 50 L/s;
- No mínimo uma ETA de cada região geológica do estado do Paraná;
- No mínimo uma ETA por bacia hidrográfica do estado do Paraná;

- No mínimo uma ETA por tipo de solo do estado do Paraná, e;
- No mínimo uma ETA de cada regional da SANEPAR.

O resultado desta seleção está apresentado na (TABELA 1) a seguir:

TABELA 1 – SELEÇÃO DE ETAs DO ESTADO DO PARANÁ.

Legenda: R – neossolo, N – nitossolo, L – latossolo, P – argissolo, G – gleissolo, C – cambissolo, O – organossolo e E – espodossolo.

Regional da SANEPAR	Nome da ETA	Bacia Hidrográfica	Vazão (L/s)	Sistema de deságue de lodo	Destinação do lodo	Tipo de Solo ⁽¹⁾
1 URSP	Fiorindo Vernier	Cinzas	57,8	Não	Rio	R, N, L e P
2 URSP	Pedro Kowesk	Cinzas	115,83	Centrífuga / Lagoa	Área degradada	
3 USPD	Iguaçu	Iguaçu	2.650,0	Prensa parafuso	Área degradada	G, L e N
4 USPD	Iraí	Iguaçu	2.600,0	Centrífuga	Área degradada	
5 USPD	Passaúna	Iguaçu	1880,0	Centrífuga	Área degradada	
6 USPD	Miringuava	Iguaçu	800,0	Centrífuga	Área degradada	C, L, P e O
7 USPD	Rio Pequeno	Iguaçu	190,0	Prensa desaguadora	Área degradada	R, L e C
8 USPD	Despique	Iguaçu	115,0	Lagoa	Lagoa / Aterro sanitário	
9 USPD	Industrial	Iguaçu	200,0	Centrífuga	Área degradada	
10 USPD	Itaqui	Iguaçu	82,0	Não	Lagoa	L e C
11 URPV	Paranavaí	Ivaí	188,0	Não	Rio	L e P
12 URUM	Umuarama	Piquiri	269,51	Não	Rio	L e P
13 URTO	Assis Chateaubriand	Piquiri	73,9	Não	Rio	L e N
14 URMA	Pirapó	Pirapó	1000,0	Não	Rio	L e N
15 URCM	Rio do Campo	Ivaí	189,7	Não	Rio	L e N
16 URAP	Ivaiporã	Ivaí	94,0	Não	Rio	L, R e N
17 URAP	Vila Regina	Pirapó	250,0	Centrífuga	Aterro sanitário	
18 URAR	Rolandia	Pirapó	168,0	Não	Rio	L e N
19 USIDLD	Tibagi	Tibagi	1160,0	Não	Rio	N
20 USIDLD	Cafezal	Tibagi	713,0	Lançamento em ETE	Destinação com o lodo da ETE	L e R

Continua

Continuação

Regional da SANEPAR		Nome da ETA	Bacia Hidrográfica	Vazão (L/s)	Sistema de deságue de lodo	Destinação do lodo	Tipo de Solo (1)
21	URAR	Arapongas	Tibagi	238,0	Não	Rio	L e N
22	URTB	Telêmaco Borba	Tibagi	250,0	Não	Rio	O
23	URCP	Cornélio Procópio	Tibagi	134,2	Não	Rio	R, N e L
24	URTB	Iapó	Ribeira	150,0	Não	Rio	O
25	URPG	Alagados	Tibagi	500,0	Não	Rio	P, C e N
26	URPG	Pitangui	Tibagi	600,0	Não	Rio	
27	URCA	Parque São Paulo	Iguaçu	450,0	Não	Rio	L, N e R
28	URGA	Guarapuava	Iguaçu	310,6	Não	Lagoa / Rio	L, N, C e R
29	URFB	Marrecas	Iguaçu	160,0	Não	Rio	L, N e R
30	URUV	União da Vitória	Iguaçu	200,0	Não	Rio	G, R, N e C
31	URPB	Pato Branco	Iguaçu	137,0	Não	Rio	R, N e L
32	URFI	Rio Alegria	Iguaçu	140,0	Não	Rio	L, N e G
33	URFB	Capanema	Iguaçu	250,0	Não	Rio	R e N
34	URCA	Rio da Paz	Iguaçu	170,0	Não	Rio	L
35	URFB	Marmeleiro	Iguaçu	94,2	Não	Rio	R, N e L
36	URFI	Vila C	Paraná III	800,0	Não	Rio	N e L
37	URFI	Tamanduá	Paraná III	200,0	Centrífuga	Aterro sanitário	
38	URTO	Toledo	Paraná III	113,2	Não	Rio	N e L
39	URLA	Lapa	Iguaçu	22,3	Não	Rio	C, P e R
40	URUM	Cianorte	Ivaí	112,78	Não	Rio	L, P e G
41	URLI	Praia de Leste	Litorânea	600,0	Não	Rio	E
42	URLI	Saiguaçu	Litorânea	200,0	Não	Rio	
43	URLI	Matinhos	Litorânea	120,0	Não	Rio	
44	URLI	Morro Grande	Litorânea	110,0	Não	Rio	

NOTA: ⁽¹⁾ tipo de solo predominante na região.

Fonte: Adaptado de CARNEIRO et al., 2013.

A bacia do Itararé não foi contemplada na seleção. Nela ocorrem onze municípios (Arapoti, Carlópolis, Jagariaíva, Piraí do Sul, Ribeirão Claro, Salto do

Itacaré, Santana do Itacaré, São José da Boa Vista, Sengés, Siqueira Campos e Wenceslau Braz). Destes Sengés, Jaguaraíva, Santana do Itararé e Salto do Itararé que não possuem ETAs em operação pela SANEPAR. Já nas demais cidades as ETAs possuem atualmente vazão inferior a 50 L/s, são elas: Wenceslau Brás (35 L/s), São José da Boa Vista (12,5 L/s), Carlópolis (28,9 L/s) e Siqueira Campos (37,5 L/s).

A ETA Lapa foi contemplada na seleção apesar de possuir vazão inferior a 50 L/s, devido ao fato de ser a única a representar a formação geológica de sedimento cristalino com alto grau metamórfico.

3.2. METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS

Nos próximos itens, se relacionam as formas e os procedimentos em que obtiveram os dados necessários para o atendimento do objetivo proposto neste trabalho.

3.2.1. Aplicação do Questionário

Na aplicação do questionário, apresentado no apêndice deste estudo (Apêndice I), foram levantados alguns parâmetros operacionais, tais como: tipo de tratamento, vazão, produtos químicos utilizados no tratamento de água, tratamento do lodo e controle do descarte do lodo. A sequência das atividades foi definir a amostragem com base nos dados previamente tabulados do questionário aplicado. Os dados estão compilados no apêndice (Apêndice II).

3.2.2. Periodicidade das Amostras

Posterior ao envio dos formulários aos gestores das 44 ETAs do estudo. A qualidade da água bruta e tratada de todas as ETAs foi avaliada considerando a relação entre estes parâmetros e a quantidade de lodo produzido.

Após a obtenção destes dados foi elaborado um cronograma de coleta de lodo, considerando amostras em triplicata, de cada ETA selecionada no estudo, para os períodos chuvosos e de estiagem.

Conforme as figuras a seguir, foram realizadas coletas nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro de 2012 para as amostras no período chuvoso e junho, julho e agosto 2013 para amostras no período seco.

Sendo assim para o período de maior precipitação (Figura 8) segue figura a seguir.

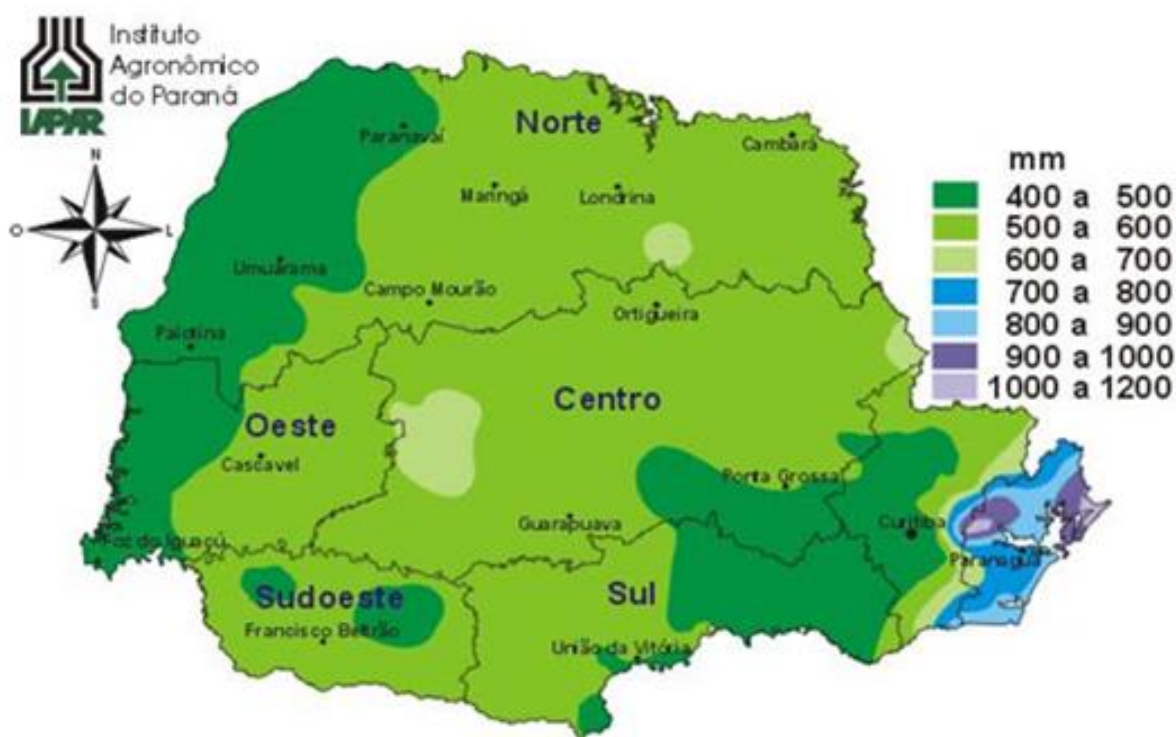


Figura 8 - Mapa de precipitação no trimestre (dezembro, janeiro e fevereiro) mais chuvoso (IAPAR, 2012).

Da mesma forma, o período de estiagem (Figura 9) é ilustrado na figura a seguir.

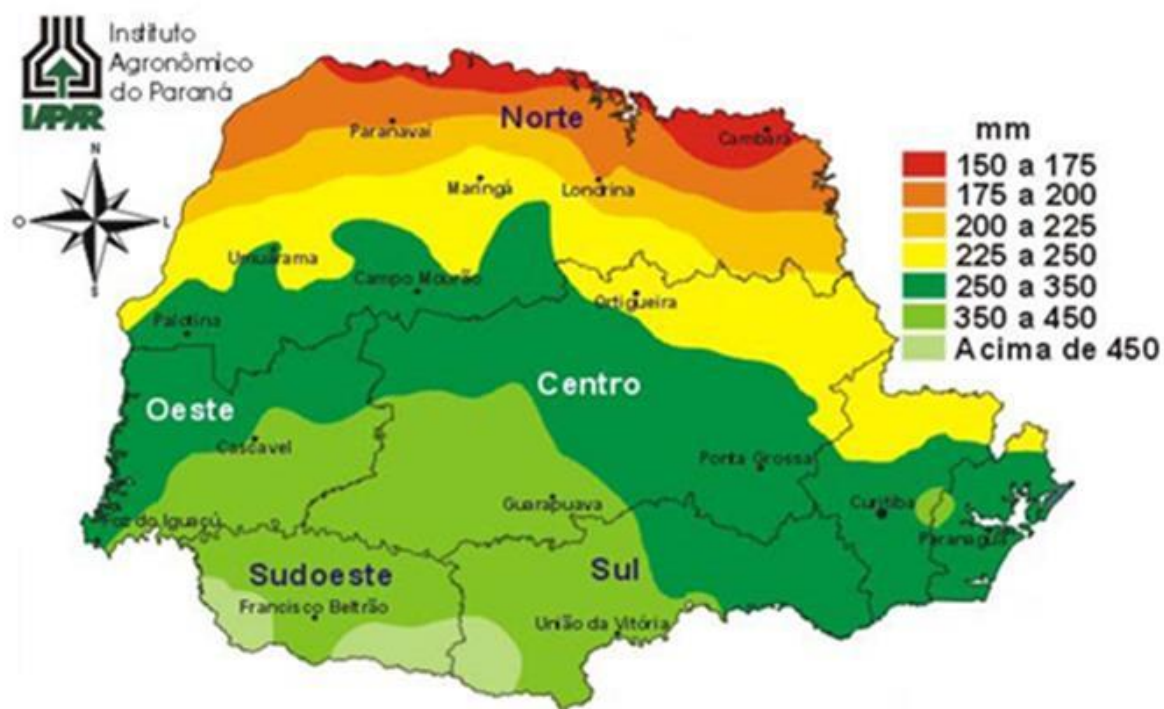


Figura 9 - Mapa de precipitação no trimestre (junho, julho e agosto) mais seco (IAPAR, 2012).

Tais mapas foram confeccionados a partir de coletas de dados numa série histórica de 1977 a 2011, produzido pelo Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR).

3.2.3. Obtenção das Amostras

A coleta do lodo foi na descarga dos tanques de equalização e/ou decantadores/flotadores. As amostras foram compostas no volume de 2 litros, coletados em um recipiente de aproximadamente 200 mL a cada 30 segundos durante 5 minutos conforme Figura 10 a seguir.



Figura 10 - Coleta de amostra de lodo de ETA, onde: “a” durante lavagem decantador; “b” e “c” aparato de amostragem.

As amostras de lodo posteriormente foram enviadas em caixas de isopor, refrigeradas com gelo, aos laboratórios da própria SANEPAR e credenciadas a ela, em um período máximo de 24 horas em função da preservação das amostras. As seguintes análises químicas, físicas e microbiológicas foram realizadas:

- Metais (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Hg, Cr, Al, Mn e Fe);
- Série de sólidos (sólidos totais, sólidos totais fixos, sólidos totais voláteis e sólidos sedimentáveis);
- Demanda Química de Oxigênio (DQO);
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO);
- Potencial Hidrogeniônico (pH);
- Índices biológicos (Coliformes Termotolerantes e Ovos de Helminthos).

Em paralelo ao plano de amostragem, para a caracterização do lodo foi realizada a coleta de dados de qualidade conforme exigência da Resolução CONAMA n.º 357 de 2005 para água bruta e Portaria do Ministério da Saúde n.º 2914 de 2011 para água tratada, a partir do banco de dados da SANEPAR (BRASIL, 2005; 2011).

Outro ponto avaliado no estudo foi a relação do lodo com os produtos químicos utilizados no processo. O controle dos produtos químicos é rotineiramente realizado na companhia de saneamento, a qual possui um laboratório de controle de qualidade dos produtos químicos, que também foram levantados para se relacionar com o lodo a ser caracterizado. Sendo assim, foram coletados os dados de lotes de produtos químicos referentes aos que estavam sendo utilizados nos períodos das

coletas, para poder inferir e correlacioná-los com os resultados da caracterização do lodo.

3.2.4. Metodologia analítica da caracterização do lodo de ETA

A seguir consta a descrição dos métodos analíticos adotados para cada parâmetro adotado no estudo. Cabe salientar que todos os procedimentos foram executados de acordo com “*Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (SMEWW) 22st Edition, 2012*” e U.S.EPA SW-846.

A apresentação dos dados analíticos foi através de gráficos, sendo que os dados para cada parâmetro obtido em triplicada, nos períodos de chuva e estiagem, foram calculados como médias. Os dados completos são encontrados no Apêndice III.

3.2.4.1. pH

O pH representa a atividade do íon hidrogênio num meio, de forma logaritmizada, resultado inicialmente da dissociação da própria molécula da água e após incluir a alteração do equilíbrio que é acrescida de hidrogênio proveniente de outras fontes, tais como ácidos orgânicos e inorgânicos (VOGEL, 1981).

A análise de pH foi realizada por um phmetro digital (marca Digimed, modelo DM-2) de acordo com SMEWW Método 4500 B. Uma proporção em massa de 1:10 foi realizada, fazendo uma solução com água deionizada, homogeneizada e executada a posterior medição no phmetro.

3.2.4.2. DQO

A demanda química de oxigênio consiste em uma técnica para a avaliação do potencial de matéria redutora de uma amostra, através de um processo de oxidação

química em que se emprega o dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$). Neste processo, o carbono orgânico é convertido em gás carbônico e água (BACCAN et al., 1995).

A análise de DQO foi realizada num espectrofotômetro (marca Hach, modelo DR 2800) e reator (marca WTM, modelo STD3101) de acordo com SMEWW Método 5220 B.

Na elaboração de gráficos do parâmetro DQO, os valores foram alterados para logaritmo na base 10 (\log_{10}) para se obter uma melhor visualização em virtude da grande variabilidade dos dados.

3.2.4.3. DBO

A DBO corresponde à fração biodegradável dos compostos presentes num meio, que é mantida por cinco dias a uma temperatura constante, normalmente de 20°C. A medida da concentração de matéria orgânica biodegradável neste ensaio resulta indiretamente, através dos dados de consumo de oxigênio ocorrido na amostra ou em suas diluições, durante o período de incubação (VOGEL, 1981).

A análise de DBO foi realizada pelo equipamento Oxitop (marca WTW, modelo IS12BOD) e incubadora (marca Nova Ética, modelo 411DE) de acordo com SMEWW Método 5210 B.

Na expressão dos resultados do parâmetro DBO, foi utilizado artifício matemático alterando os valores para logarítmico na base 10 para facilitar a visualização dos dados.

3.2.4.4. Sólidos totais

As concentrações de Sólidos (totais, fixos e voláteis) são influenciados diretamente por influências climáticas, malha viária, relevo, tipo e uso de solo, litologia, geologia, geoquímica e cobertura vegetal (CARNEIRO, 2008).

A análise de Teor de Sólidos Totais foi realizada por uma balança analítica digital (marca Sartorius, modelo AG200), Estufa (marca Nova Ética, modelo 180F) e

Forno tipo Mufla (marca Quimis, modelo Q1000) de acordo com SMEWW Método 2540 B.

Os dados encontrados nas análises laboratoriais foram multiplicados por 100 e aplicados o logaritmo na base 10 para uma melhor visualização em virtude da grande variabilidade dos dados.

3.2.4.5. Sólidos totais fixos

A análise de Teor de Sólidos Totais Fixos (STF) foi realizada por uma balança analítica digital (marca Sartorius, modelo AG200), Estufa (marca Nova Ética, modelo 180F) e Forno tipo Mufla (marca Quimis, modelo Q1000) de acordo com SMEWW Método D e E.

A elaboração dos gráficos para o parâmetro STF foi aplicado artifício matemático multiplicando todos os dados por 100 e alterando os valores para logaritmo na base 10 (Log_{10}) para uma clara leitura dos dados.

3.2.4.6. Sólidos totais voláteis

A análise de Teor de Sólidos Totais Voláteis (STV) foi realizada por uma balança analítica digital (marca Sartorius, modelo AG200), Estufa (marca Nova Ética, modelo 180F) e Forno tipo Mufla (marca Quimis, modelo Q1000) de acordo com SMEWW Método D e E.

A elaboração do gráfico para o parâmetro STV utilizou-se de artifício matemático multiplicando todos os dados por 1000 e alterando os valores para logarítmico na base 10.

3.2.4.7. Sólidos sedimentáveis

De acordo com Carneiro e colaboradores (2013), a concentração dos sólidos sedimentáveis também varia de acordo com as características sazonais do manancial captado. Estas variações são de difícil quantificação quanto à origem, considerando ainda as características dos solos tais como textura, estrutura,

plasticidade, grau de erosão entre outros. Que da mesma forma que os sólidos totais, os sólidos sedimentáveis influenciam diretamente na penetração da luz solar inibindo ou acelerando os processos de fotossíntese.

A análise de Sólidos Sedimentáveis foi realizada com a vidraria do tipo Cone Imhoff para Sedimentação de 1000 mL em vidro (marca Pirex) de acordo com SMEWW Método 2540 F.

3.2.4.8. Metais

Os metais são elementos químicos que apresentam número atômico superior a 22. Entretanto, a definição mais difundida é aquela relacionada à saúde pública e normalmente relaciona-se como metais pesados (ALEXÉEV, 1975).

Segundo Motta (2011) muitos metais são macro nutrientes e micronutrientes necessários para o desenvolvimento biológico da fauna e flora.

A metodologia de análise seguiu o recomendado pela Resolução CONAMA n.º 375 de 2006: métodos 3050 e 3051, estabelecidos no U.S.EPA SW-846 e SMEWW.

Na confecção dos gráficos para os parâmetros Al e Fe, os valores foram alterados para logaritmo na base 10.

3.2.4.9. Ovos de helmintos e coliformes termotolerantes

A quantificação de microrganismos de interesse sanitário como os coliformes termotolerantes e a contagem de ovos viáveis de helmintos reflete grande importância a saúde pública, uma vez que sua presença indica a contaminação por material fecal. Sendo assim, pode trazer risco a saúde humana, pois, promovem um desequilíbrio do ecossistema digestivo (KONDAGESKI et al., 2013).

A metodologia aplicada para a análise de Coliformes Termotolerantes seguiu o recomendado pela Resolução CONAMA n.º 375 de 2006: US Environmental Protection Agency. Environmental Regulations and Technology - Control of

Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge (Including Domestic Septage). Under 40 CFR Part 503. Appendix F: Sample Preparation for fecal coliform test and *Salmonella* sp. Analysis, p. 137, EPA/625/R-92/013, 2003.

A verificação e contagem de ovos de helmintos seguiu o recomendado pela Resolução CONAMA n.º 375 de 2006: US Environmental Protection Agency. Environmental Regulations and Technology - Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge (Including Domestic Septage). Under 40 CFR Part 503. Appendix I -Test Method for Detecting, Enumerating, and Determining the Viability of *Ascaris* Ova in Sludge, p. 166, EPA/625/R-92/013, 2003.

Após a realização das análises, os dados foram tabulados nos períodos de estiagem e chuvoso. Calculados os valores médios, determinado os valores máximos e mínimos com seus respectivos desvios padrão. A avaliação dos resultados foi com base na literatura, visando indicar a vocação por região para o tratamento e a disposição deste lodo.

Na preparação dos gráficos dos analitos coliformes termotolerantes e ovos de helmintos, foram aplicados nos valores obtidos o logaritmo na base 10.

3.2.5. Elaboração de Mapas Temáticos

Os dados para confecção dos mapas temáticos foram coletados no formato de *shape* compatíveis com o software Arcgis® (versão 10.1). Os arquivos disponibilizados pela área de geoprocessamento da SANEPAR, juntamente com os dados obtidos no questionário e os resultados dos ensaios analíticos.

Desta forma foi possível elaborar e se relacionar os dados obtidos nos ensaios laboratoriais com a localização, produção de lodo (geração de matéria seca) e unidade hidrográfica para as 44 ETAs do estudo.

A elaboração do mapa temático para a espacialização das ETAs no estado do Paraná se ordenou as *shapes* com a localização das ETAs, onde as ETAs utilizadas no presente estudo ficaram destacadas e foram relacionada com as unidades hidrográficas do Paraná.

De acordo com os valores estimados de produção de lodo obtidos do questionário aplicado neste trabalho, a quantidade de matéria seca, ou seja, lodo totalmente desidratado foi relacionado, com as unidades hidrográficas.

Nos dados laboratoriais foram plotados mapas por unidades hidrográficas, pautando nos seguintes parâmetros: demanda química de oxigênio, alumínio, ferro e ovos viáveis de helmintos. Tanto para o período de estiagem tanto para a estação chuvosa, foi relacionado as ETAs alocadas em cada unidade hidrográfica, somando e aplicando uma média ponderada em função da vazão de cada ETA. Com estes dados obteve a concentração média dos parâmetros DQO, Al, Fe e ovos de helmintos por unidade hidrográfica.

Os mapas temáticos ilustram a distribuição, a quantidade e a concentração dos principais parâmetros para uma gestão do tratamento e destinação final do lodo de ETA nos sistemas operados pela SANEPAR.

3.2.6. Estatística

A ferramenta adotada neste estudo foi o software Minitab® versão 16. Foi elaborado um boxplot, para que possa ser possível comparar rapidamente as distribuições, ver a tendência central dos dados, destacar a variabilidade dos dados, determinar se a distribuição da amostra é simétrica ou não simétrica e verificar a existência de valores extremos (outliers).

Os grupos organizados pelo Minitab® são representados por caixas verticais representando aproximadamente 50% das observações, as linhas (chamados "whiskers") que se estendem a partir da caixa que aproximadamente representam a parte superior e inferior de 25% da distribuição, ou seja, a mediana, e para além dos traços asteriscos que representam os outliers.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através das amostras de lodo de ETA coletadas, foi possível fazer a caracterização e realizar a análise dos resultados para cada parâmetro, como é mostrado a seguir. As tabelas com os resultados integrais das análises se encontram no Apêndice II.

O volume de lodo produzido por mês, segundo as respostas ao questionário aplicado, é de aproximadamente 181 mil m³/mês e apenas 13 ETAs possuem tratamento de lodo. A maioria realiza descarte diretamente nos rios ou em galerias pluviais. No entanto, conforme a Resolução SEMA n.º 21/2009. Em 2009 foram assinados termos de ajuste de conduta (TAC) entre o IAP e a SANEPAR, estabelecendo um cronograma de implantação de sistemas de tratamento de lodos de acordo com o porte das estações, sendo assim: acima de 1000 L/s até 2014, de 500 a 1000 L/s até 2016 e de 30 a 500 L/s até 2019.

O cenário otimista é que até 2019 não haja lançamento de lodo de ETA diretamente nos corpos de água no estado do Paraná.

O mapa temático, com as 176 ETAs, sendo 44 estações adotadas neste estudo, destacados por bacias hidrográficas está apresentado na Figura 11.

Conforme observamos na Figura 11 acima, o estado do Paraná é dividido em 11 unidades hidrográficas, as quais têm pelo menos uma ETA selecionada neste estudo. Os círculos destacados em azul no mapa representam as ETAs analisadas neste projeto, já os círculos verdes as demais ETAs operadas pela SANEPAR.

Os dados coletados através do questionário indicaram a estimativa de geração de matéria seca de lodo de ETA por unidade regional da SANEPAR, conforme Figura 12 a seguir:

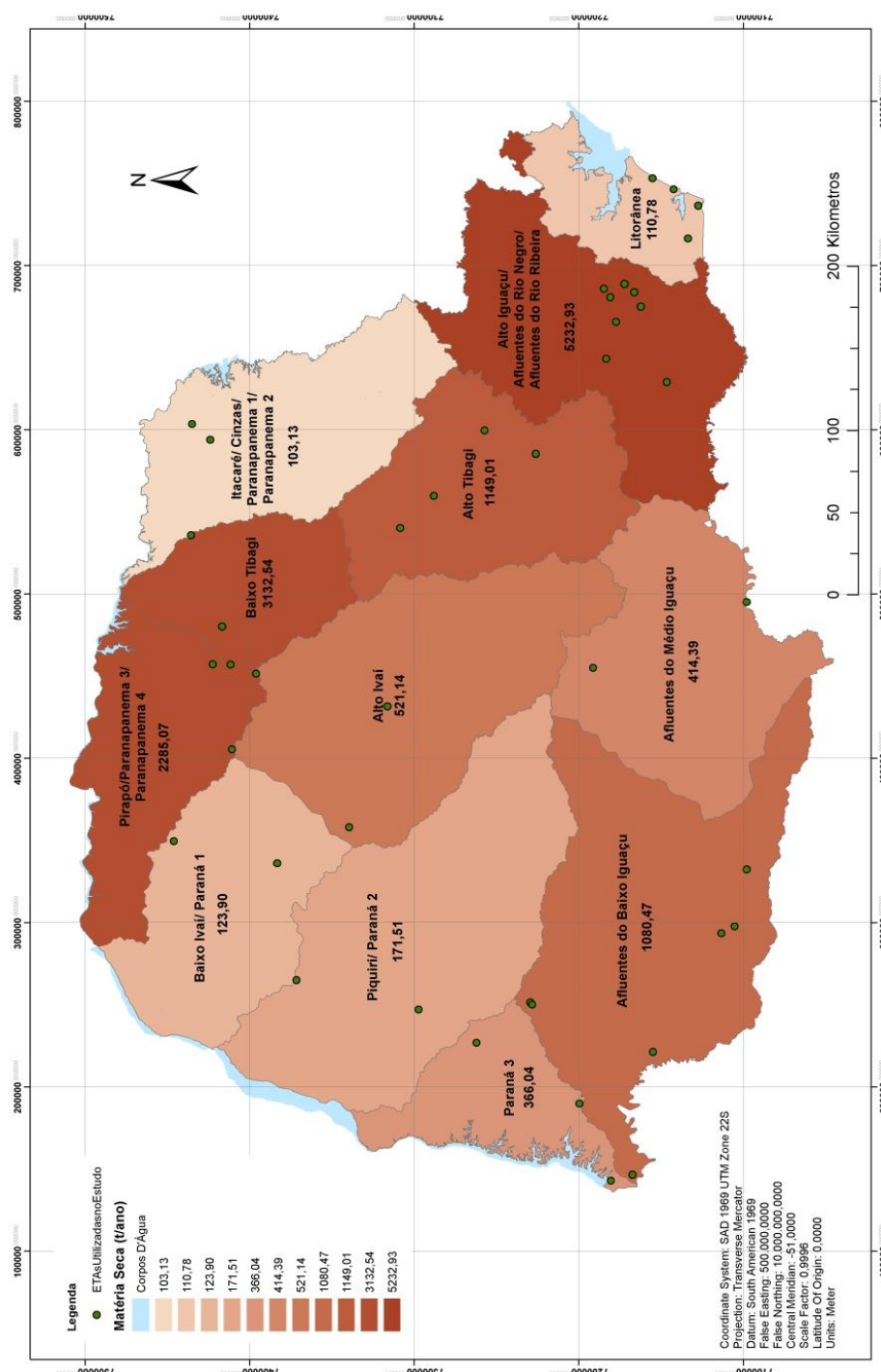


Figura 12 – Geração de matéria seca de lodo de ETA por unidade hidrográfica da SANEPAR.

As maiores quantidades de geração de resíduo estão localizadas nos grandes centros urbanos do Estado (Figura 12) em função da necessidade de maior demanda de produção de água que se relaciona com a quantidade de lodo gerada.

A caracterização do lodo proveniente das ETAs da SANEPAR e seu respectivo tratamento são necessários para realização de uma avaliação com base em análises químicas, físicas e biológicas, descritas no QUADRO 4. Neste quadro também constam as análises essenciais para o desaguamento do resíduo.

Uso final do Lodo	Análises Necessárias
Disposição em área degradada	Fertilidade (Ca, K, Mg, P, pH, C/N, S e N) Metais (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Hg, Cr, Al, Fe) + Si Série de Sólidos (MOTTA, 2011)
Co-processamento (queima em cimenteiras)	Série de Sólidos pH Perda ao fogo Metais (Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3) (HOPPEN et al., 2006)
Selagem em aterros (lodo seco)	Série de Sólidos Granulometria Limites de consistência Resistência Específica pH (JANUÁRIO, 2005)
Incorporação em cerâmica artística e tijolos	Granulometria Série de Sólidos Limite de liquidez Limite de plasticidade Índices biológicos (coliformes totais e termo tolerantes e ovos de helmintos) pH (TEIXEIRA et al., 2006)
Incorporação em solo cimento	Granulometria Sólidos totais Limite de liquidez Limite de plasticidade pH (HOPPEN et. al, 2005)
Lodo de ETA em ETE	DQO e DBO pH (JANUÁRIO, 2005)
Desaguamento	Série de sólidos Resistência Específica (RICHTER, 2001)

QUADRO 4 – ANÁLISES NECESSÁRIAS PARA CADA DESTINAÇÃO FINAL DO LODO DE ETA.

Alguns dos parâmetros apresentados no Quadro 4 não foram alvos neste estudo, pois servem para o controle de qualidade final do lodo de ETA no envio para a destinação final. Como neste estudo são levantadas as alternativas para as definições dos métodos de desague, pois se deve ter em mente que a partir das

concepções de destinação para uma região, necessita-se definir assim o seu sistema de desague.

Abaixo constam os parâmetros estudados e relaciona-se com o tipo de tratamento e destinação final. Os resultados são apresentados como a média das triplicatas de cada ETA do estudo nos períodos de coleta na estiagem e na estação chuvosa.

5.1. pH

A faixa de pH encontrada tanto no período seco como no chuvoso, conforme Figura 13 a seguir, foi de 5,88 a 8,33, sendo que 52% das amostras obtiveram pH entre 6,00 e 7,00. A média encontrada foi de 6,90. Não foram observadas grandes alterações em função dos períodos analisados, sendo que a ETA Medianeira (5,88) apresentou o menor valor e a ETA Toledo (8,40) o maior.

O pH é um parâmetro que deve ser avaliado em todas as técnicas, uma vez que é um indicador de corrosão do material, além de exercer um papel essencial na fertilidade (NOVAK et al., 1995).

A análise de fertilidade do lodo deve ser visto que, conforme a acidez do lodo, a dinâmica dos metais, entre outros compostos, é afetada, portanto não é recomendado a aplicação do lodo em solo com pH abaixo de 5,50 (HOPPEN et al., 2005a). Um exemplo de sua análise ocorre para o tratamento por co-processamento, o valor do pH determina se o material pode danificar o forno de clínquer, no entanto os valores são orientados pela empresa que recebe os resíduos (HOPPEN et al., 2005b).

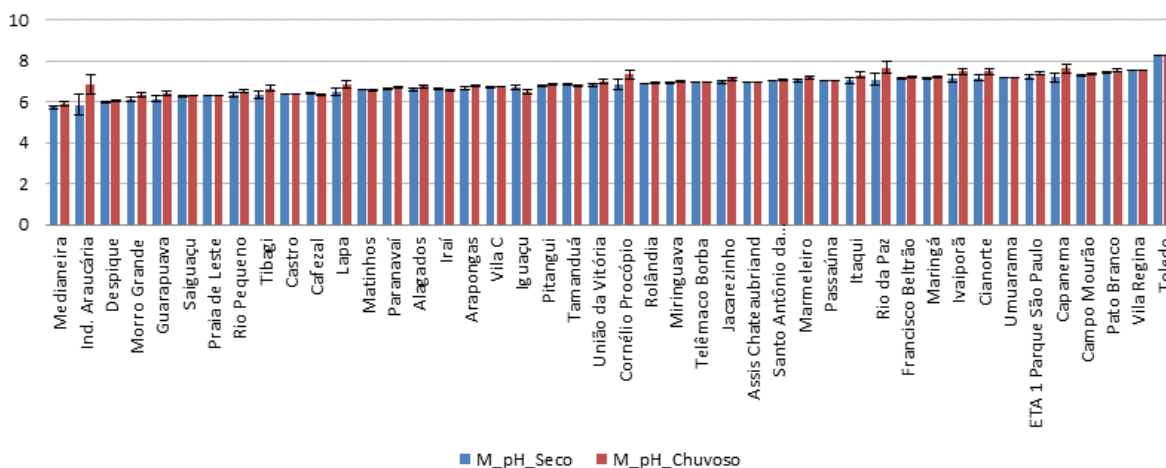


Figura 13 – Resultados de pH nos períodos seco e chuvoso.

Conforme os dados apresentados de pH, em média, o parâmetro não inviabilizaria a aplicação das diversas destinações apontadas no Quadro 4. No entanto, é recomendado sempre avaliar o pH para todas as alternativas de destinação.

5.2. DQO

O valor mais alto de DQO foi obtido para a ETA Campo Mourão (55.347 mg/L de O₂). Quantidades de DQO até 1000mg/L de O₂ foram encontradas em 27,3% das ETAs, enquanto que 34% das ETAs apresentaram valores entre 5.000 e 10.000 mg/L de O₂ conforme figura abaixo (FIGURA 14).

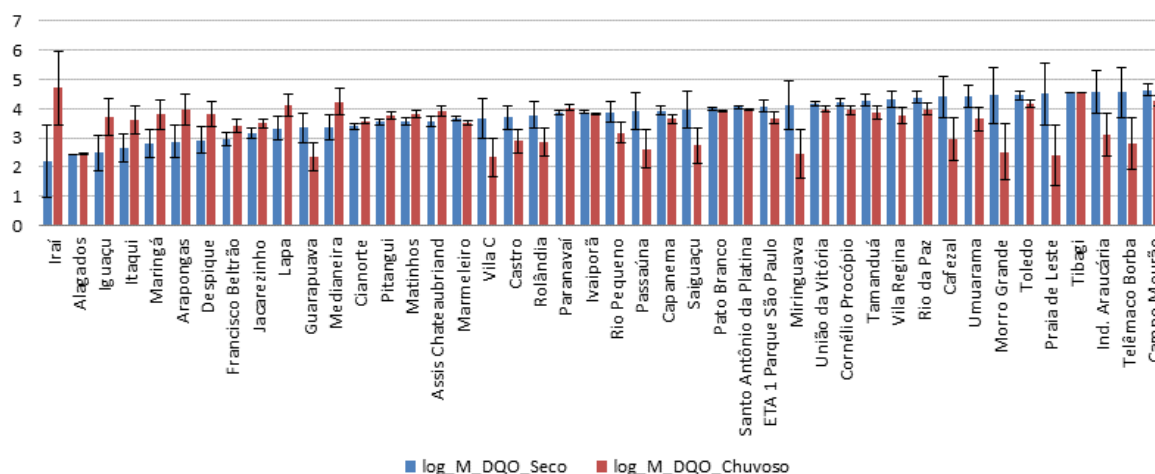


Figura 14 – Resultados de DQO nos períodos seco e chuvoso.

De acordo com a figura acima (FIGURA 14), no período seco há uma tendência de concentração, em função da estiagem, apresentando um teor mais elevado de DQO. A distribuição por unidade hidrográfica de DQO para o período chuvoso é apresentada na Figura 15 a seguir.

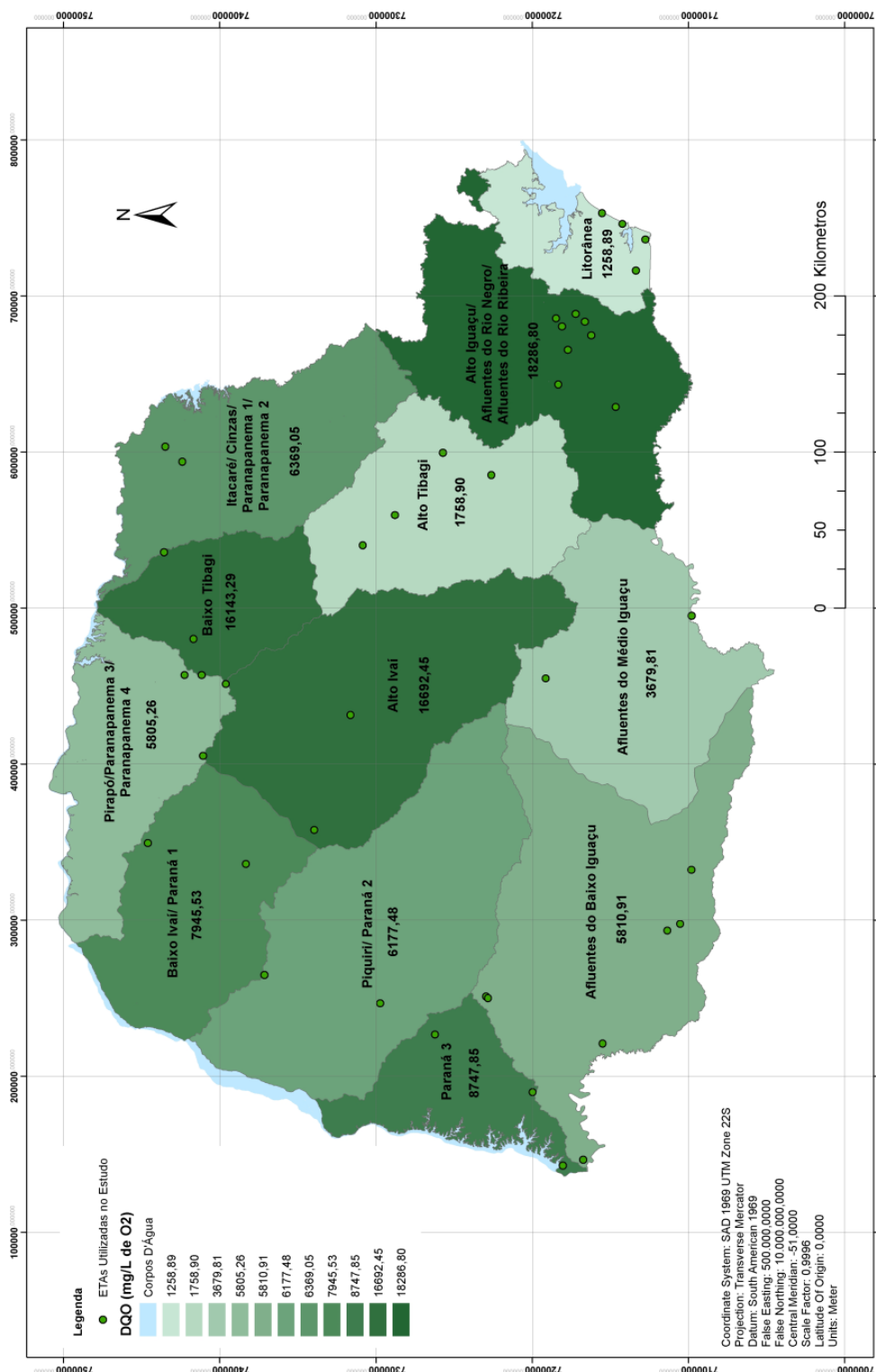


Figura 15 – Valores médios de concentração de DQO por unidade hidrográfica no PR – Estação Chuvosa.

Os valores de DQO distribuídos por unidades hidrográficas para a estação chuvosa indicam maiores concentrações de DQO para a unidade do Alto Iguaçu e afluentes do Rio Negro e Ribeira, seguido do Alto Ivaí e do Baixo Tibagi.

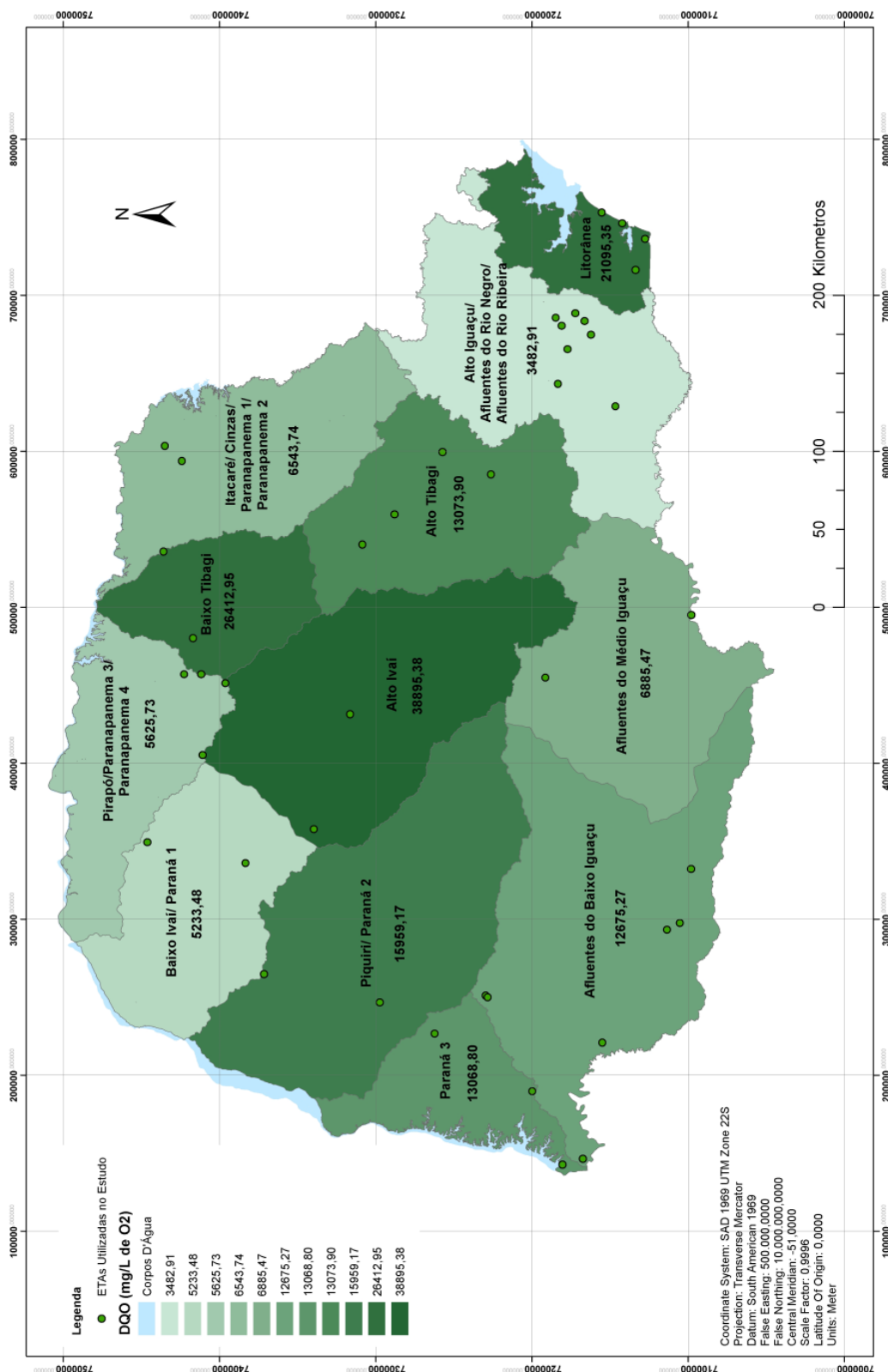


Figura 16 – Valores médios de concentração de DQO por unidade hidrográfica no PR – Estação Seca.

Na estação seca tal hipótese não se confirmou sendo que a maior concentração ocorreu no Alto Ivaí seguido do Baixo Tibagi. A hipótese para que a concentração da unidade do Alto Iguaçu e afluentes do Rio Negro e do Rio Ribeira não tenha o mesmo comportamento que na estação chuvosa é que dos 8 sistemas de tratamento de água selecionados no estudo. Somente 5 ETAs são abastecidas por barragens, onde em períodos de seca não sofrem significativamente a influencia de aumento de concentração como os mananciais com captação superficiais sem barragem de acumulo e regularização de vazão.

O lançamento deste lodo com alto teor de DQO nos corpos receptores pode ocorrer poluição acentuada e geração de passivos ambientais. Em função da carga de lançamento e da capacidade de diluição do corpo receptor.

Conforme já comentado, a DQO é um parâmetro indispensável principalmente quando se relaciona com a DBO em virtude de se poder analisar a biodegradabilidade do lodo. Portanto, quanto mais o valor de DBO se aproximar da DQO significa que mais facilmente biodegradável será o lodo (WISMER, 1991).

Este parâmetro é muito importante quando se pretende destinar o lodo de ETA em ETE, pois, resulta num aumento na carga orgânica nos reatores. Segundo VAN HAANDEL e GERRIT (1999) para casos de tratamento aeróbio, aumenta-se o custo com os aeradores, embora, melhore a velocidade de decantação e consequentemente o tamanho dos sólidos. O floco do lodo de ETA serve de meio de suporte para as bactérias que promovem a degradação da matéria orgânica. Para os reatores anaeróbios, segundo SPEECE (1996) o aumento de carga acaba comprometendo a eficiência, muito em função do teor de sólidos totais dissolvidos, que acabam não sendo removidos no processo e aumentando-se assim a DQO final. No entanto, a relação de STD está relacionado a quantidade de lançamento de lodo de ETA, o teor de STD do lodo de ETA e o efeito de diluição (SCALIZE, 2003).

Januário, (2004), recomenda analisar os parâmetros DQO e DBO para o lançamento do lodo de ETA em ETE. O autor afirma que quando a carga de DQO for alta, normalmente são encontrados lodos com teores acima de 25.000 mg/L, não sendo recomendado o seu lançamento nos reatores.

No entanto, com os resultados obtidos neste trabalho, como proposta para o lançamento de lodos de ETA em ETE, é recomendado realizar o lançamento em ETEs com capacidade abaixo do especificado em projeto considerando, a vida útil da planta. Limitar a vazão de lançamento em 5% de lodo de ETA no afluente de

entrada e realizar o controle de sólidos totais dissolvidos (STD) nos reatores e quando o mesmo atingir até 20% a mais de quando não há lançamento, fica recomendada a diluição e/ou estabilização do efluente antes da entrada no reator. Outro ponto a ser verificado é a questão de lançamentos por bateladas. A proposta é de se realizar o lançamento em processo contínuo e com a menor mistura possível (CARNEIRO et al., 2013).

Outro ponto importante para se considerar em projetos de lançamento do lodo de ETA em ETE é a questão do tempo de vida de projeto. Se os reatores estiverem quase no limite da carga suportada, não convém lançar mais resíduo, no caso, lodo e ETA, que possa gerar uma dificuldade de se atender operacionalmente os parâmetros de lançamento final de efluente tratado (CARVALHO; DI BERNARDO, 1999).

As ETAs Cafezal, Industrial Araucária, Morro Grande, Praia de Leste, Rio da Paz, Tibagi e Toledo são casos onde a DQO média no período do estudo ultrapassou o valor recomendado de até 25.000 mg/L de O₂. Sendo assim, não se recomenda o lançamento destes lodos em ETE, sem que se avalie a carga de lançamento e avaliação em sistemas pilotos.

Nas mesmas ETAs supracitadas, não deve ser lançado o lodo de ETA diretamente em corpos de água sem tratamento sob o risco potencial de passivo ambiental. As outras alternativas citadas neste trabalho não foram observados tais restrições, quanto as destinações do lodo de ETA..

5.3.DBO

Os valores de DBO variaram de 6 a 1.996 mg/L de O₂. O valor encontrado mais alto foi na ETA Industrial Araucária.

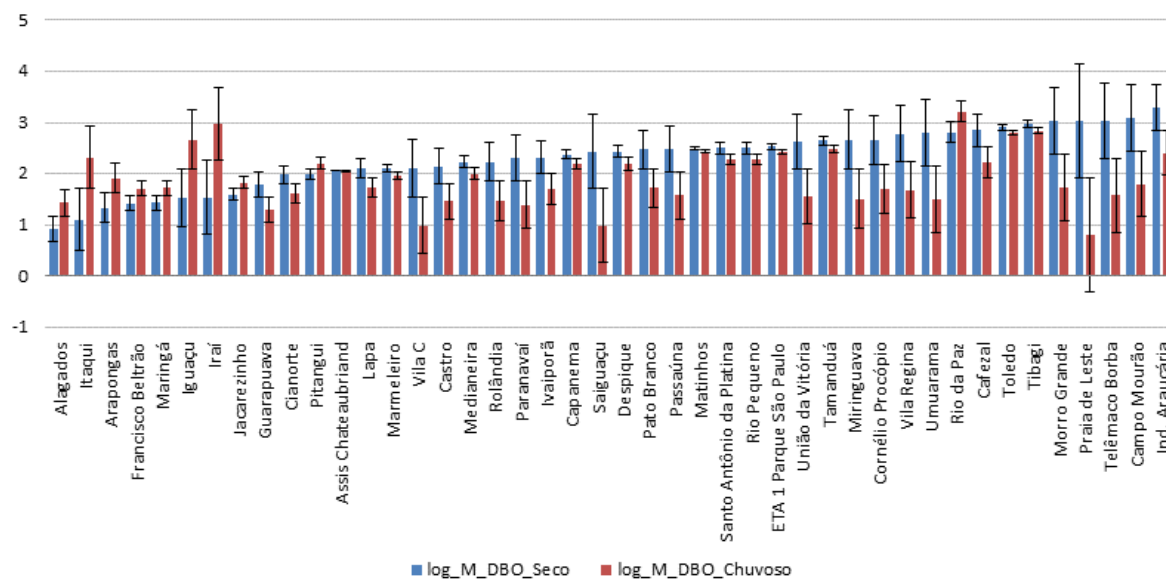


Figura 17 - Resultados de DBO nos períodos seco e chuvoso.

Na técnica de aplicação do lodo de ETA em ETE, a análise de DBO e DQO pode indicar a eficiência do reator da estação de esgoto quando o lodo de água for adicionado ao mesmo (MENEZES, 2006). Da mesma forma que a DQO, se o parâmetro DBO estiver sendo lançado em corpos de água, indica poluição acentuada dos corpos receptores e geração de passivos ambientais (CORNWELL; LEER, 1994).

O fator limitante para o uso da DBO na escolha da destinação, não pode ser determinado por este parâmetro diretamente. A avaliação deve ser feita principalmente junto com a DQO e estabelecendo assim sua relação DQO/DBO. Neste trabalho o valor médio obtido desta relação foi de 35, indicando a prevalência de compostos inorgânicos constituintes no lodo de ETA. Portanto, por mais que tenham sido observados altos teores de DBO, que se traduziria em matéria orgânica biodegradável disponível para diversos organismos, sempre este teor foi relacionado ao teor maior ainda de material inorgânico. Para aplicação na recuperação em áreas degradadas, pode ser necessária a complementação de nutrientes para a obtenção de resultados positivos.

5.4. SÉRIE DE SÓLIDOS (TOTAIS, FIXOS E VOLÁTEIS)

A série de sólidos contempla a análise quantitativa do teor de sólidos totais, sólidos fixos e sólidos voláteis. O mesmo pode ser relacionado com o teor de umidade do material e com a perda ao fogo. A determinação de perda ao fogo não está incorporada ao cotidiano analítico das empresas de saneamento, em função de relacionar o teor de sólidos das amostras líquidas. Portanto, ficou convencionado analisar e expressar os resultados como série de sólidos para o lodo das ETAs.

Os valores de ST variaram entre 0,016% e 34,82%, sendo que a ETA Rio da Paz apresentou o maior valor e a ETA Praia de Leste, o menor. Das ETAs analisadas, 63,6% apresentaram lodo com teor de sólidos totais de até 5%, confirmando o alto teor de umidade deste resíduo.

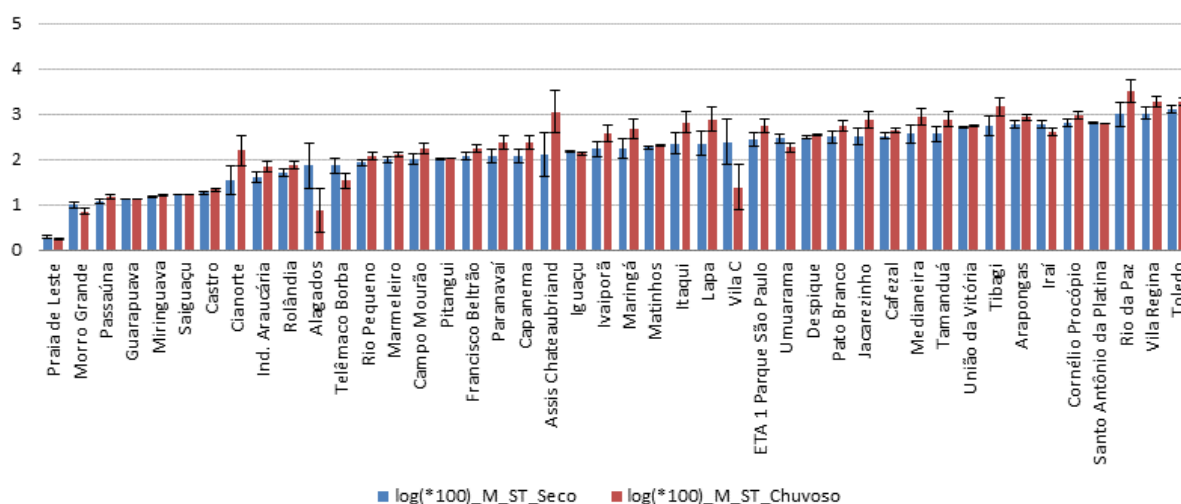


Figura 18 - Resultados de ST nos períodos seco e chuvoso.

Segundo Megda e colaboradores (2005), quando o lodo com alta umidade é aplicado durante o processo, pode prejudicar o caminhamento dos componentes de fabricação, obstruindo passagens ou aderindo-se às partes do sistema. Como sugestão no caso de aplicação direta, utilizar a umidade maior que 20%. Já para a aplicação durante o processo de co-processamento, muitos fabricantes exigem teor de umidade maior ou igual a 50%.

A utilização do lodo de ETA na selagem de aterro o teor deve estar acima de 30%, pois, abaixo este valor não se consegue alcançar um índice satisfatório de compactação (FERNANDES e SOUZA, 2001).

Os lodos mais indicados para a fabricação de tijolos são compostos de argila, silte, areia, coagulantes e matéria orgânica removida durante o tratamento de água. A presença de cal no lodo, por outro lado, compromete a qualidade do tijolo produzido, inviabilizando a sua aplicação (MEGDA et al., 2005).

O mesmo ocorre se houver carvão ativado no lodo, visto que provoca expansão e, conseqüentemente, rachaduras no tijolo. Já lodos contendo hidróxidos de ferro ou bário, atribuem ao tijolo uma coloração avermelhada, desejada pelos fabricantes (MEGDA et al., 2005).

Outro parâmetro a ser analisado é a retração, que indica o decréscimo de tamanho resultante da secagem ao ar ou ao forno. As argilas naturais tem normalmente retração ao ar de 2 a 8% e retração ao forno de 2,5 a 10%. Em algumas localidades, a retração do lodo pode chegar a 20%, limitando assim a proporção em que o lodo é aplicado. Quanto mais a granulometria do lodo for similar a da argila, melhor sua aplicabilidade. Por outro lado, quanto maior o teor de areia, maior será seu impacto negativo na qualidade final do tijolo (MEGDA et al., 2005).

Segundo Carvalho (2008) o transporte de sólidos pode causar, pelas partículas em suspensão, a degradação da qualidade de água para os usos humanos (consumo, atividade industrial e agrícola, além da recreação), além de impedir a penetração da luz e calor, reduzindo a atividade da fotossíntese necessária à salubridade dos corpos de água e alterar a vida aquática.

No caso dos valores de sólidos totais fixos (STF) variaram entre 0,009% e 26,76%. A ETA Rio da Paz apresentou o maior valor, enquanto que a ETA Praia de Leste apresentou o menor. Em 32 ETAs, foram encontrados teores de STF de até 5%. Os teores de STF foram maiores que os teores de sólidos totais voláteis (STV) em todas as ETAs, com exceção da ETA Morro Grande. A maior quantidade de STF indica que o lodo é predominantemente inorgânico.

Os valores para STV variaram entre 0,007% e 5,03%, e o maior valor foi obtido na ETA Rio da Paz, enquanto que o menor, na ETA Praia de Leste. Estas ETAs apresentaram os maiores e menores valores para toda a série de Sólidos (Totais Fixos e Voláteis). Entre as ETAs analisadas, 43% apresentaram lodo com STV de até 0,5% e a média encontrada para todas as amostras foram 0,9%. O valor esperado é um teor mais reduzido de STV no lodo de ETA devido a grande presença de substâncias químicas inorgânicas na sua composição.

A análise da série de sólidos, necessária para as técnicas descritas no Quadro 1 é pertinente, pois, a maior presença de STF é importante para a fabricação de blocos de vedação, solo cimento e cerâmicas, pois, no momento da queima menor, parte do material será volatilizada (RIBEIRO, 2008).

Contudo, uma menor quantidade de STF é interessante quando se visa disposição no solo (NOVAK et al., 1995). Quanto maior a quantidade de sólidos, mais fácil será a secagem do material, considerando que o desaguamento é necessário para todos os tratamentos citados anteriormente (RICHTER, 2001).

Em função da média do teor de ST encontrada neste estudo ser de 5%, pode ser indicado para qualquer destinação que envolva transporte, o lodo de ETA deve ser desidratado a no mínimo teores acima de 20%, pois, sem isso, o volume de água transportado é enorme, inviabilizando a destinação em função do custo para o transporte do lodo de ETA. Já para obter teor de lodos acima de 20%, deve utilizar sistemas térmicos de desague já apresentados na revisão deste trabalho.

A carência de sistema de desague nas ETAs acaba inviabilizando a correta destinação, pois, normalmente se necessita de teores de sólidos mais altos aos encontrados no descarte dos lodos diretamente dos decantadores/flotadores. Com isto, fica recomendado avaliar as características regionais para poder planejar a destinação do lodo e a partir disto definir o sistema de desague.

5.5. SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS

Os valores encontrados de Sólidos Sedimentáveis (SSed) variaram entre 14 e 1.000 mL/L. O menor valor foi encontrado para a ETA Morro Grande e o valor de 1000mL/L, valor máximo, foi encontrado em outras 6 ETAs.

Se valor máximo permissível para o parâmetro SSed for considerado, de acordo com a Resolução CONAMA n.º 430 de 2011, que é de 1,0 mL/L, nenhuma ETA poderia lançar lodo de ETA diretamente em corpos de água como efluente sem que houvesse a separação dos sólidos e/ou diluição e/ou regularização das vazões.

A recomendação para ETAs de pequeno e médio porte é construir um tanque, similar a um tanque de equalização, onde este receba o lodo dos decantadores, juntamente com a água de lavagem de filtros. A partir deste, controlar o SSed para

ficar abaixo de 1,0 mL/L e os demais parâmetros exigidos para o lançamento de efluentes, para caso atendam estes parâmetros, realizar o lançamento em corpos receptores licenciados para este fim.

Na questão de atendimento à legislação caso o SSed estivesse abaixo de 1,0 mL/L, o lodo poderia ser lançado diretamente nos corpos de água.

As demais destinações não levam o parâmetro SSed como relevante para se restringir o seu uso.

5.6. METAIS

Todas as ETAs apresentaram lodo com concentrações de arsênio (As), mercúrio (Hg), molibdênio (Mo) e selênio (Se) menor que 10 mg/L que equivale ao Limite de Quantificação do Método (LQM).

A concentração máxima de bário (Ba) foi de 28,3 mg/L, encontrada no lodo da ETA Rio da Paz. Todas as outras ETAs apresentaram valores inferiores a 10 mg de Ba/L equivalente ao LQM.

As concentrações máximas de chumbo (Pb) foram obtidas para as ETAs Assis Chateaubriand (4,55 mg/L), Toledo (4,14 mg/L) e Rio da Paz (3,35 mg/L). Já nas restantes, foram observadas concentrações menores que 1 mg de Pb/L referente ao LQM. Também para os outros elementos, a solubilidade do Pb aumenta com a acidez do solo. Os teores totais no solo podem variar de 2 a 200 mg/kg (MELLO et al., 1983).

Assim como para o Cr, há uma alta correlação com os teores de argila no solo. A média no Paraná (horizonte B) = 23,21 mg/kg de Pb, podendo ser considerado como um constituinte normal nos solos do território paranaense (MINEROPAR, 2005). Valores de 14 a 94 mg/kg foram encontrados por Mello e colaboradores (1983). No entanto, este valor também está abaixo do valor estabelecido para prevenção em solos pela CETESB (2005) que é de 72 mg/kg, bem como pelo Decreto Municipal de Curitiba nº 1190/2004 (350 mg/kg).

A maior concentração de cromo total (Cr) foi obtida na ETA Toledo com 10,3 mg/L, enquanto que nas outras ETAs as concentrações permaneceram inferiores a 10 mg de Cr/L análogo ao LQM.

Em rochas sedimentares pode ocorrer na forma de cromita (FeCr_2O_4), magnetita e ilmenita. Durante o intemperismo o Cr^{3+} acompanha o Fe^{3+} e o Al^{3+} , permitindo ampla acumulação em argilominerais secundários (MINEROPAR, 2005).

O cromo pode ser liberado pela dissolução de silicatos ferromagnesianos em condições de baixo pH, porém, a dispersão subsequente é interrompida pela tendência dos cromatos serem sorvidos por argilominerais e matéria orgânica (MINEROPAR, 2005). A média de Cr no Paraná (horizonte B) é de 105 mg/kg, podendo ser considerado como constituinte normal nos solos do território paranaense (MINEROPAR, 2005). Valores de 4 a 145 mg/kg foram encontrados por Mello e colaboradores (1983).

O maior teor de cobre (Cu) foi observado na ETA Vila Regina, em Apucarana, com 56,8 mg/L. Em 61,4% das amostras, a concentração de cobre foi abaixo de 1 mg/L valor esse igual ao LQM.

Quanto ao níquel (Ni), a ETA Assis Chateaubriand apresentou a maior concentração que foi de 7,2 mg/L. Em 86,4% das ETAs, a concentração permaneceu inferior a 1,0 mg de Ni/L..

A maior concentração de zinco (Zn) foi obtida na ETA Vila Regina, com um valor de 36,6 mg/L. A concentração de zinco encontrada em 72,7% das ETAs foi inferior a 5 mg/L referente ao LQM.

A ETA Vila Regina, em Apucarana, apresentou a mais elevada concentração de alumínio (Al) (21.525 mg/L). O lodo de 50% das ETAs apresenta concentração de alumínio inferior a 250 mg/L.

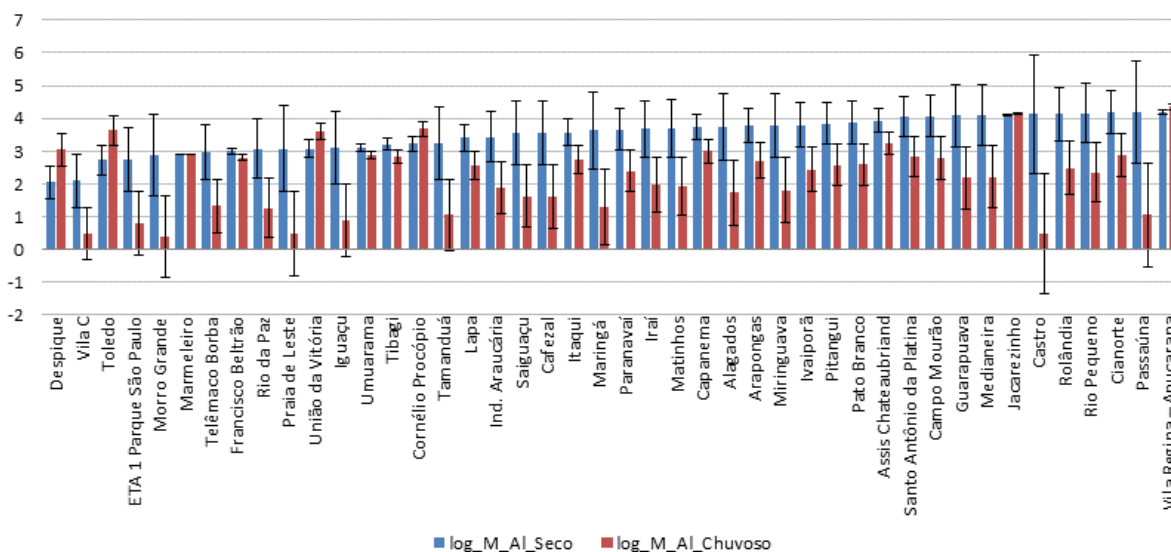


Figura 19 - Resultados de Al nos períodos seco e chuvoso.

O parâmetro alumínio sofreu uma variação muito grande no período chuvoso, no qual pode ser inferido à diluição do composto Al devido ao período de precipitação mais intensa. Pode relacionar desta maneira e até mesmo gerar uma hipótese que esta variação de Al se deve a presença natural nos corpos de água e solo deste composto.

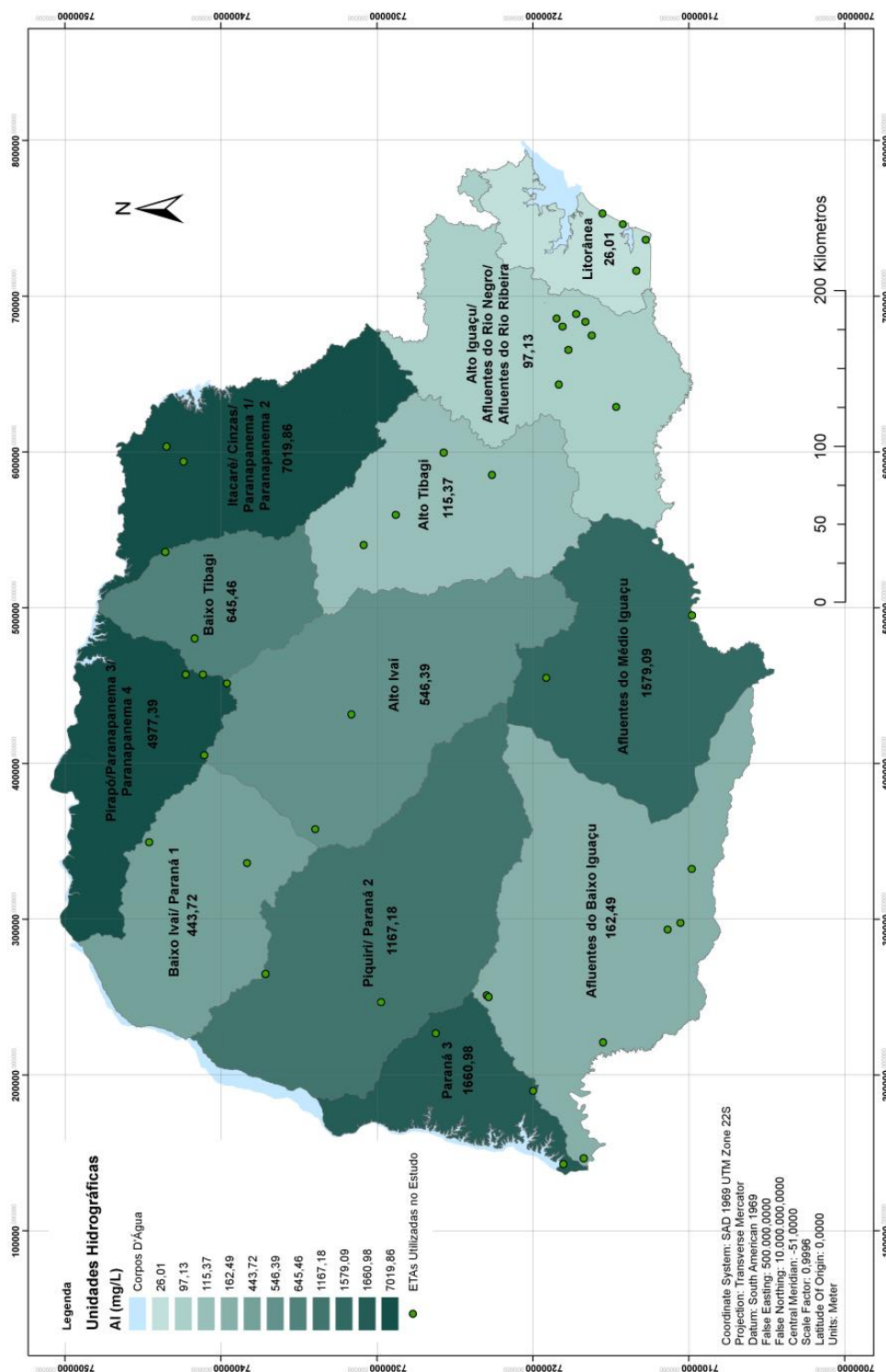


Figura 20 – Valores médios de concentração de Al por unidade hidrográfica no PR – Estação Chuvosa.

A figura acima demonstra a distribuição de alumínio por unidade hidrográfica para o período chuvoso. Estudos anteriores demonstraram o possível efeito fitotóxico em determinados pH, assim a partir dos dados apontados acima, sugere-se o cuidado com a disposição deste resíduo no meio ambiente (SCALIZE, 2003).

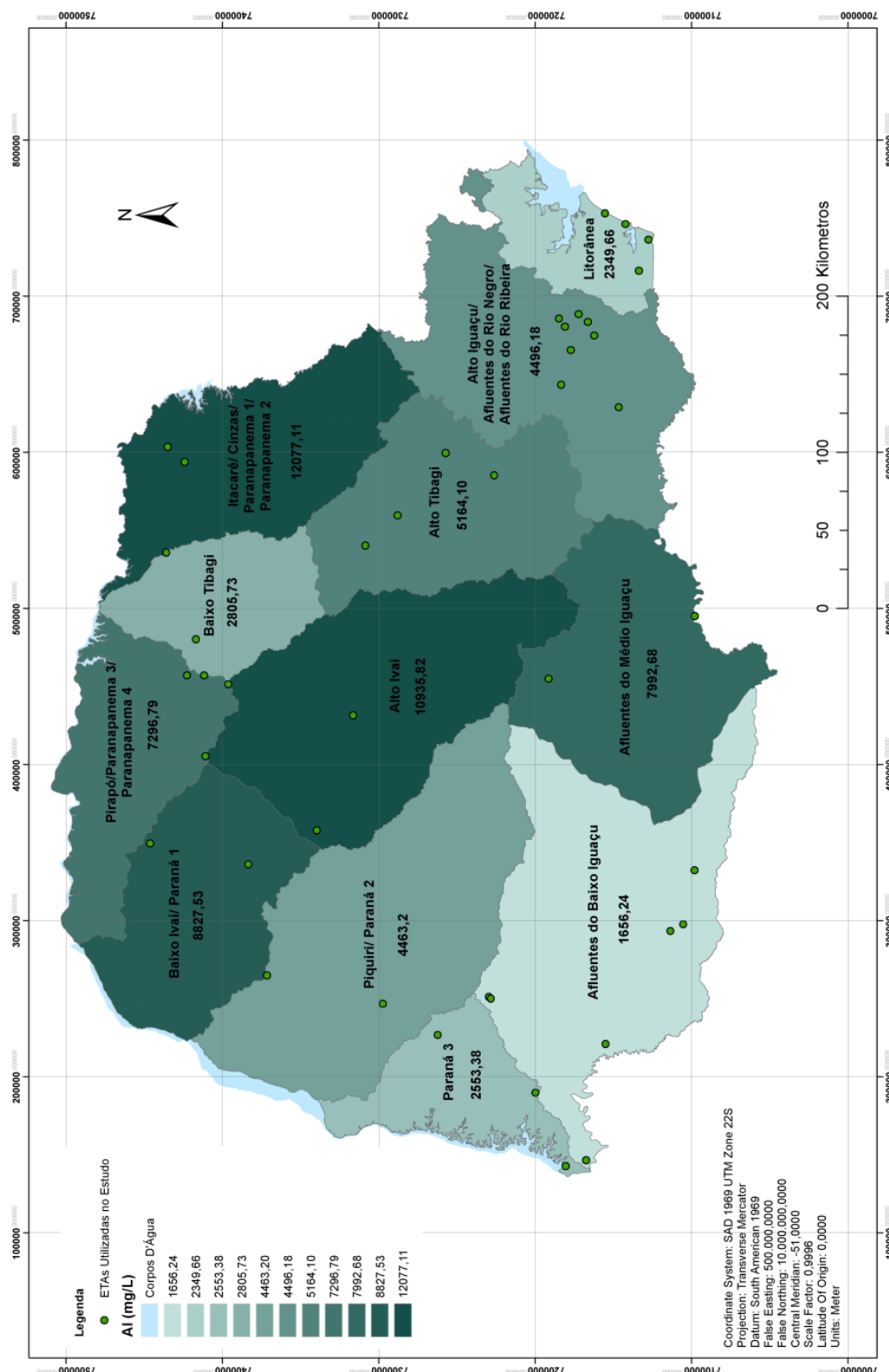


Figura 21 – Valores médios de concentração de Al por unidade hidrográfica no PR – Estação Seca.

A base para tal afirmação é que se o Al fosse proveniente do coagulante, sendo os sais de alumínio empregados em 98% dos sistemas considerados neste estudo. A variação no período seco e chuvoso não ocorreria desta mesma maneira, sabendo que haveria alteração em função da dosagem de coagulante.

O Al é o terceiro elemento mais importante na crosta terrestre, com abundância média de 8%. O Al está presente nos minerais silicatados, podendo estar combinado com o Fe, com metais alcalinos e alcalinos terrosos (MINEROPAR, 2005).

A média no Paraná (horizonte B) é de 23,28% (Al_2O_3), segundo MINEROPAR (2005), equivalente a 391 g de Al/kg. Conforme estudo de MELLO (1983), é possível corrigir o excesso de Al solúvel no solo por meio da calagem ou de adição de quantidades suficientes de fosfatos solúveis, tratamentos que precipitam este cátion.

Na ETA Assis Chateaubriand foram encontradas as maiores concentrações de ferro (Fe), de 36.056 mg/L. Nas ETAs analisadas no presente estudo, 20,5% possui lodo com concentração de ferro menor que 50 mg/L e 20,5% apresenta concentrações de ferro entre 1000 e 2000 mg/L. Das ETAs analisadas, apenas a ETA Cafezal, em Londrina, utiliza cloreto férrico como coagulante, as outras usam cloreto de polialumínio (PAC) ou sulfato de alumínio granulado ou líquido.

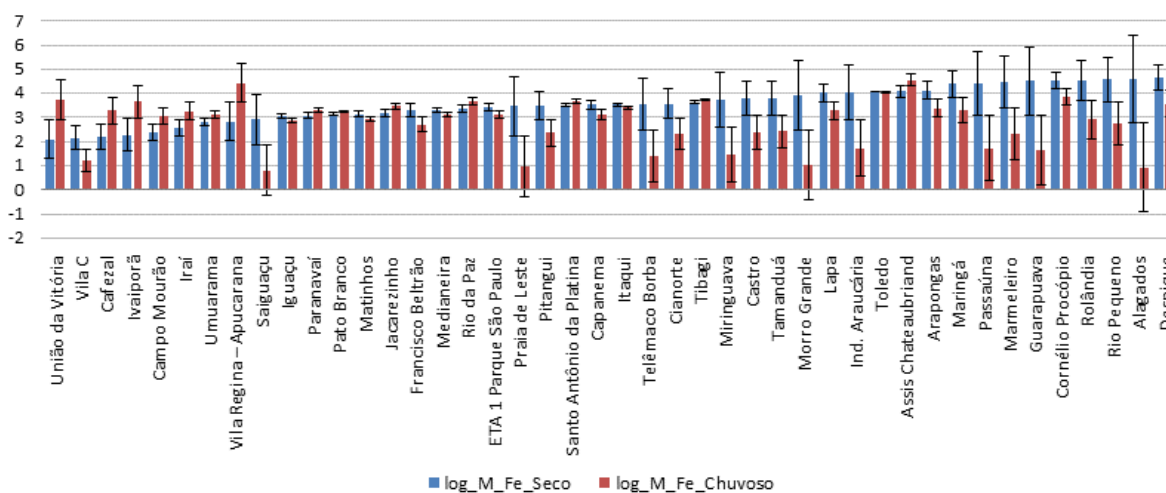


Figura 22 - Resultados de Fe nos períodos seco e chuvoso.

A distribuição da concentração de ferro repete da mesma equivalência ao apresentado para o parâmetro alumínio. Valendo assim a mesma hipótese de diluição e baixa influência do coagulante. Até mesmo para a única estação de tratamento de água do estudo a usar sal de ferro, que no caso é utilizado cloreto férrico como coagulante aplicado na ETA Cafezal em Londrina.

As concentrações de Fe no período seco e chuvoso, relacionando com as unidades hidrográficas têm a distribuição de Fe oriundo do lodo de ETA no estado do Paraná de acordo com as amostragens efetuadas neste estudo, sendo apresentado na figura a seguir (Figura 26).

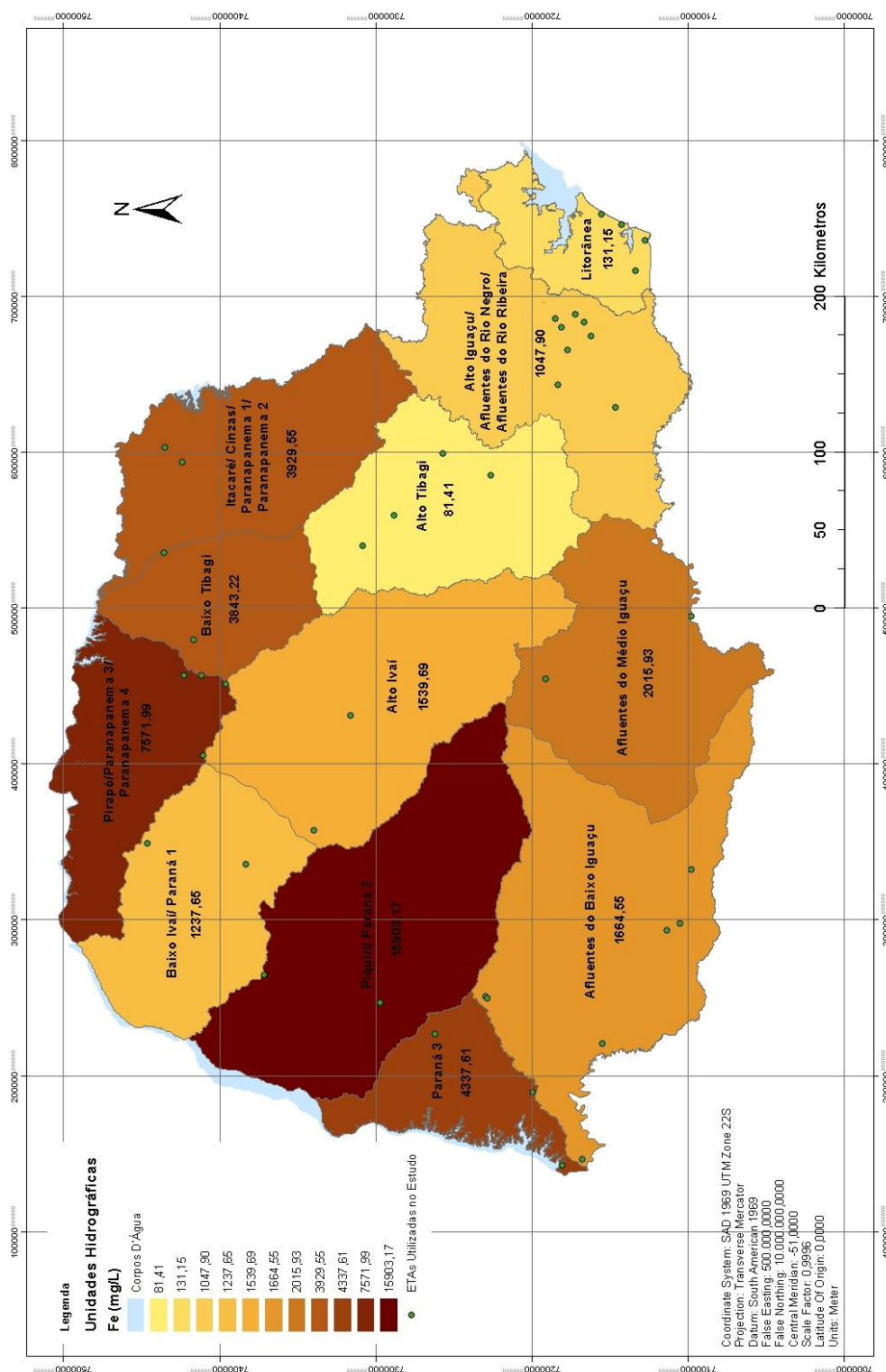


Figura 23 – Valores médios de concentração de Fe por unidade hidrográfica no PR – Estação Chuvosa.

Desta maneira os valores mais elevados de Fe foram encontrados nas unidades hidrográficas do Piquiri e Paraná 3 seguidos das unidades de Pirapó e Paranapanema 3 e 4 para a estação chuvosa.

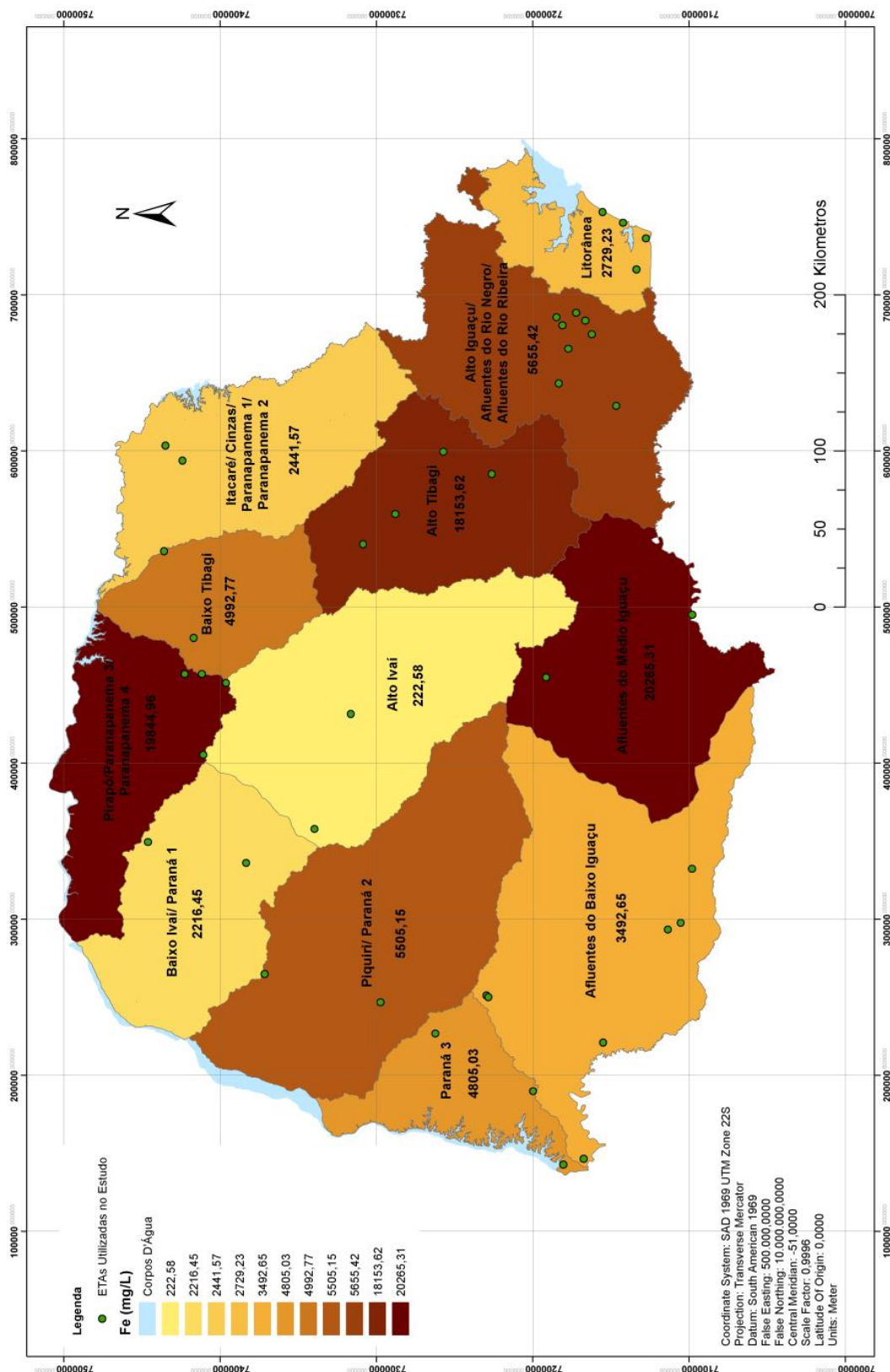


Figura 24 – Valores médios de concentração de Fe por unidade hidrográfica no PR – Estação Seca.

O Fe é o quarto elemento mais comum na litosfera. Em condições oxidantes e alcalinas promovem sua precipitação e condições ácidas e redutoras permitem a dissolução dos compostos de Fe. O Fe liberado se precipita na forma de óxidos (hematita e goethita) e hidróxidos $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (MELLO et al., 1983).

Nos solos ricos em matéria orgânica, o Fe ocorre na forma de quelatos orgânicos. A média no Paraná (horizonte B) é de 15% de hematita (Fe_2O_3), equivalente a 105 g de Fe/kg (MINEROPAR, 2005).

As águas do freático no Iraí (Canguiri) apresentam teores de Fe total dissolvido entre 0,05 e 2,85 mg/L e as do aquífero do Guabirotuba, entre 0,07 e 1,04 mg/L (Rosa-Filho, 2012). A Média de Fe extraível nos solos do PR é 22,89 mg/L (MINEROPAR, 2005).

Nas 10 ETAs que apresentaram os maiores teores de alumínio, 6 ETAs também apresentaram os maiores teores de ferro e estas são: Despique, União da Vitória, Cornélio Procopio, Toledo, Vila Regina e Assis Chateaubriand.

A quantificação de metais pesados no lodo se faz necessária, porque em sua disposição no solo limites de concentração devem ser controlados, devido à toxicidade ao ecossistema. Caso fiquem retidos em peças cerâmicas, tijolos, entre outros, são considerados inertes (MIRON, 2006).

Cerca de 35 a 50% dos sólidos presentes nos lodos de ETAs são hidróxidos, sendo estes hidróxidos ligados a sais de Fe e Al. Uma provável destinação é a recuperação de coagulantes, pois, além das vantagens referentes a economia de produtos químicos, a recuperação de coagulantes reduz significativamente o volume e melhora as características de desidratação do lodo produzido (DI BERNARDO, 2008).

As seguintes ETAs não seriam viáveis em função dos dados obtidos neste estudo, de recuperar o coagulante com base em alumínio: Despique, Parque São Paulo, Francisco Beltrão, Marmereiro, Morro Grande, Telêmaco Borba, Toledo e Vila C. As ETAs que também não seriam viáveis a recuperação de coagulante pensando no parâmetro ferro são: Cafezal, Campo Mourão, Iguaçu, Iraí, Ivaiporã, Saiguaçu, Umuarama, União da Vitória, Vila C e Apucarana. Em função do teor de Fe e Al para estas ETAs terem apresentado valores abaixo de 1.000 mg/L de Fe e/ou Al.

No caso da disposição em área degradada, a partir dos dados obtidos acabam inviabilizando a destinação em função de o parâmetro Al estar maior que 10.000 mg/L nas seguintes ETAs: Campo Mourão, Castro, Cianorte, Passaúna, Rio

Pequeno e Rolândia. Bem como, ETAs que apresentaram Fe maior que 25.000 mg/L também fica inviabilizado sua aplicação na disposição de áreas degradadas, sendo as seguintes ETAs que apresentam tal cenário neste estudo: Alagados, Cornélio Procópio, Despique, Guarapuava, Maringá, Marmeleiro, Passaúna, Rio Pequeno e Rolândia. Cabe salientar que estes valores acima são recomendações com base nos teores médios de Al e Fe encontrados no solo do Paraná. Contudo, caso haja aplicação de lodos com estes teores de Fe e Al citados no texto com misturas de outros lodos com menores teores e aplicação juntamente com lodo de esgoto ou fertilizantes. Tal recomendação pode ser feita através de uma caracterização desta mistura juntamente com o acompanhamento de um engenheiro agrônomo, florestal, ou outro profissional com tal atribuição.

5.7. OVOS DE HELMINTOS E COLIFORMES TERMOTOLERANTES

Quanto aos coliformes termotolerantes, 65% das ETAs apresentaram valores inferiores a 1×10^4 UFC/100 mL conforme figura abaixo (FIGURA 28).

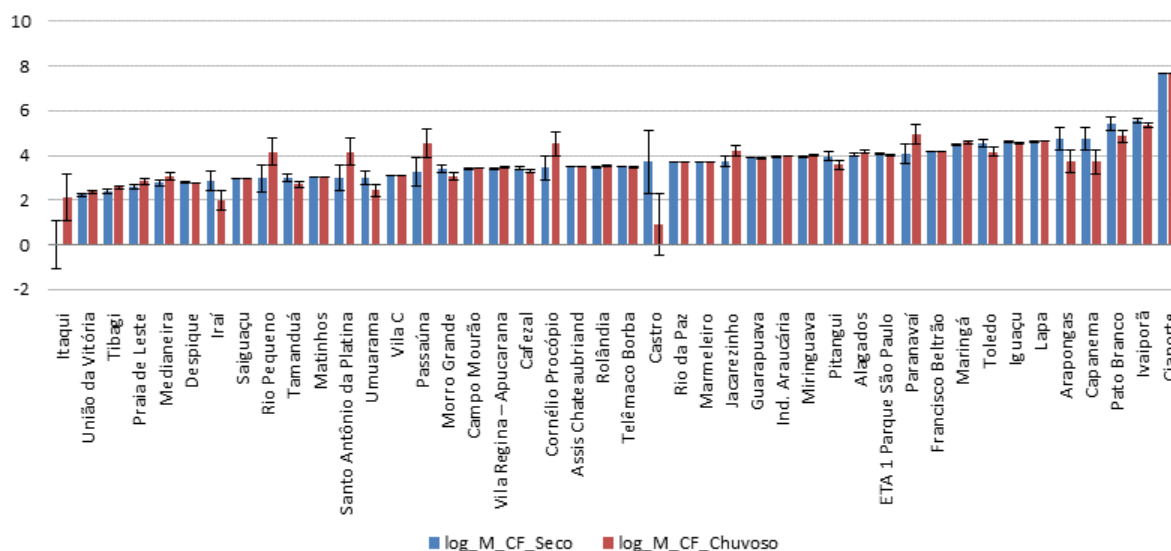


Figura 25 - Resultados de Coliformes Termotolerantes nos períodos seco e chuvoso.

O valor máximo encontrado foi na ETA Cianorte, com 5×10^7 UFC/g, indicando o risco de contaminação microbiológica por contato direto com lodo de ETA tanto no período seco como no chuvoso.

Na avaliação sanitária, são empregados indicadores, normalmente bactérias do grupo coliformes, pois, sempre estão presentes no trato intestinal dos humanos e de outros animais de sangue quente (SCALIZE 2003). A presença de coliformes no meio pode indicar poluição com potencial risco de presença de organismos patogênicos (MARA, D; HORAN, N., 2008).

Ovos de helmintos viáveis foram encontrados no lodo de 21 ETAs e a ETA com o maior número de ovos foi a de Cianorte 50 ovos/g no período chuvoso e de 66 ovos/g no período seco.

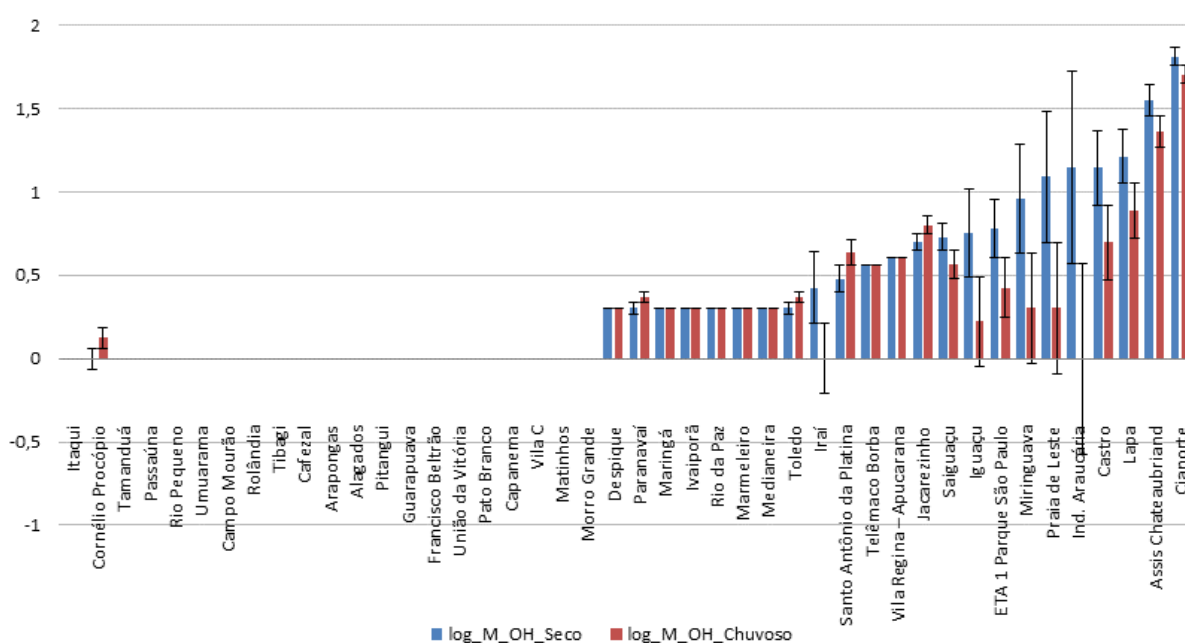


Figura 26 - Resultados de Ovos Viáveis de Helmintos nos períodos seco e chuvoso.

Em 80% das ETAs independente do período das coletas foram detectados até 3 ovos/g.

A pesquisa de ovos de helmintos, seguida de sua quantificação têm grande importância para se prevenir a questão da saúde ocupacional dos operadores que por ventura irão manipular o lodo. Da mesma forma, se faz necessário avaliar a forma de destinação, pois, caso aplique este lodo diretamente no solo pode acarretar em contaminação biológica no meio (MARA, D; HORAN, N., 2008). Outro fator a ser considerado é que na maioria das ETAs onde tem desague do lodo, o material drenado retorna para o processo, com isto, faz necessário avaliar a eficiência de remoção dos ovos de helmintos no clarificado, podendo assim evitar possível contaminação e ou distúrbios no sistema de tratamento de água (SCALIZE

2003). O mapa temático (FIGURA 27) que relacionou os ovos viáveis de helmintos por unidade hidrográfica no período chuvoso é apresentado a seguir.

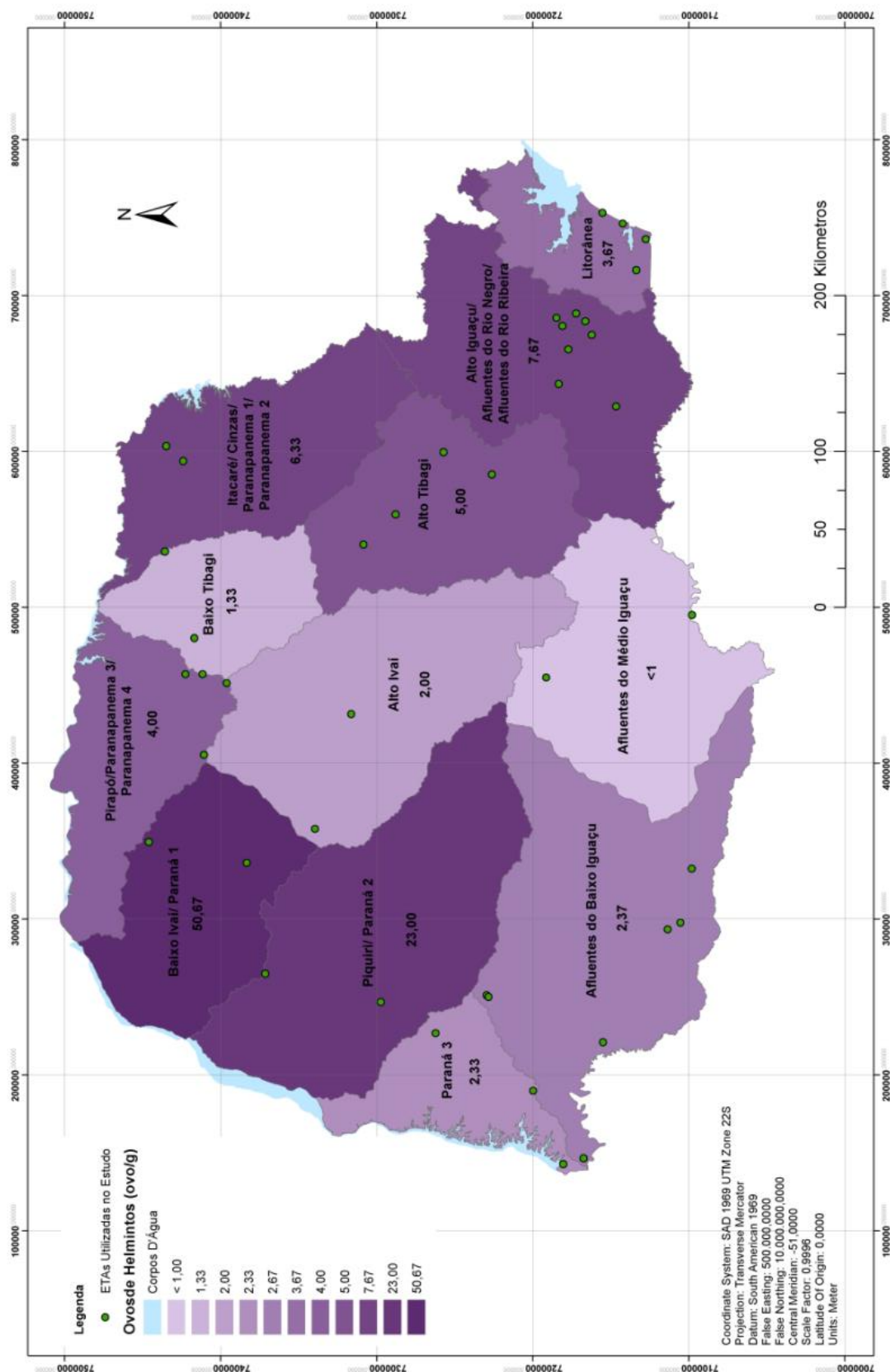


Figura 27 – Valores médios de ovos viáveis de helmintos por unidade hidrográfica no PR – Estação Chuvosa.

Os resultados distribuídos no mapa (FIGURA 28) apontaram onde foi constatada a presença de ovos viáveis de helmintos, demonstrado na figura abaixo:

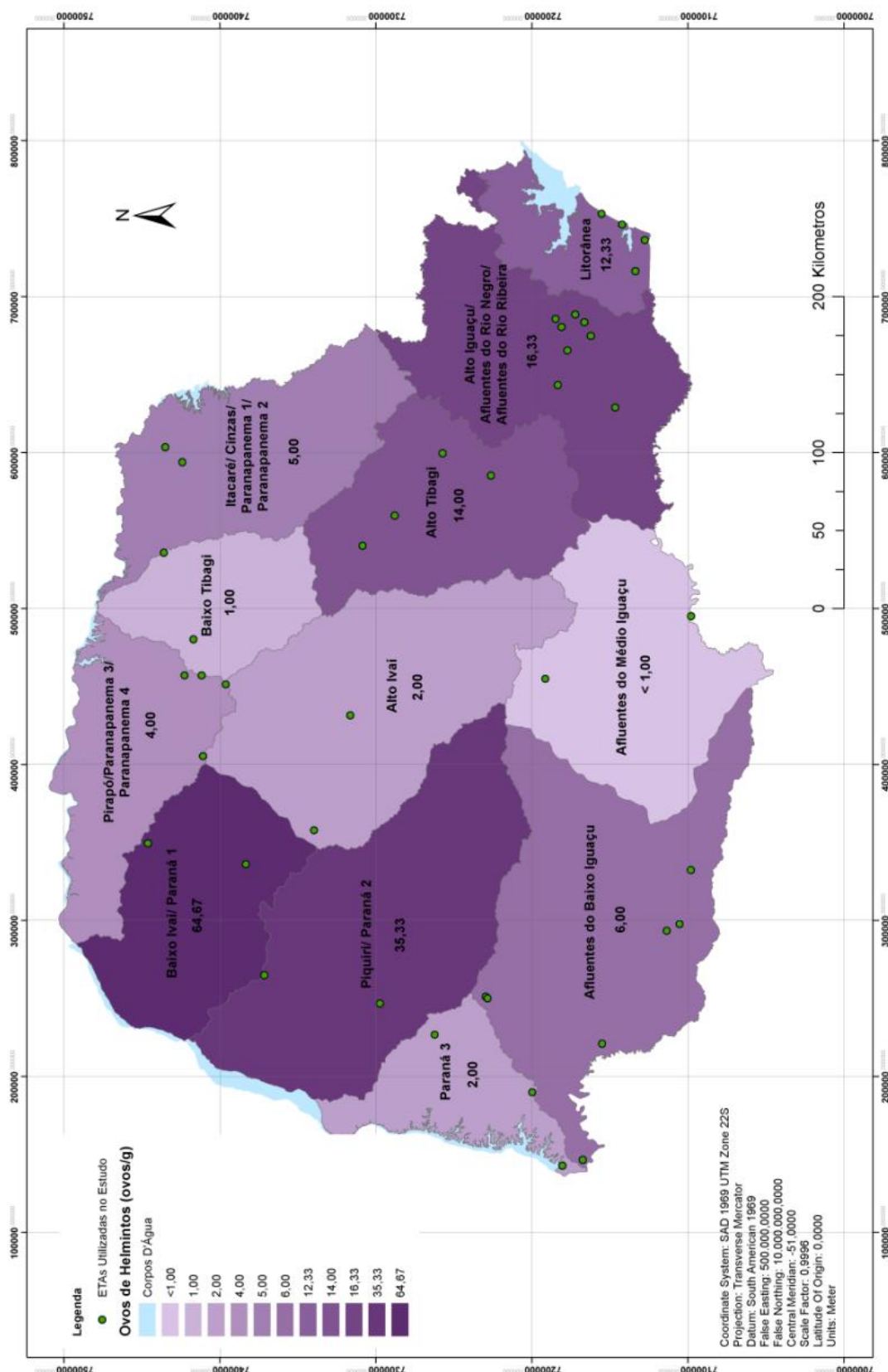


Figura 28 – Valores médios de ovos viáveis de helmintos por unidade hidrográfica no PR – Estação Seca.

SCALIZE (1997) relata que os protozoários são constituintes dos resíduos, e vêm despertando interesse, pois, estão presentes nos sobrenadantes e sedimentos, obtidos após clarificação em coluna de sedimentação com ou sem a utilização de condicionante.

Sendo assim, com base na distribuição, fica recomendado o cuidado num primeiro momento ocupacional para os operadores que irão manipular os equipamentos e ter contato com estes lodos com contaminação de coliformes. Numa segunda etapa ter cuidado com a forma de destinação deste material com fins de não agravamento e/ou contaminações ambientais em função deste resíduo.

O estudo das características dos lodos, em relação a parâmetros biológicos, têm aumentado nos últimos tempos. No entanto, seus custos e capacitação do corpo técnico, ainda é um desafio a se vencer (MARA, D; HORAN, N., 2008).

A determinação dos índices biológicos é essencial quando ocorrer o contato direto de pessoas com o lodo de ETA sem tratamento prévio, como na fabricação de tijolos e cerâmicas (TEIXEIRA, et al., 2004).

Durante a execução deste trabalho foi elaborada a recomendação para a SANEPAR, para que onde houver manipulação de lodo de ETA, o operador que possa ter contato com este material, faça uso de EPIs, tais como: luva látex, máscara facial, óculos de segurança, botas de borracha e avental impermeável. Caso a destinação do lodo seja a recuperação de áreas degradadas, disposição controlada no solo e utilização como reaterro em obras de saneamento, este lodo de ETA deve ser caleado até estabilização do pH maior ou igual a 12 (BITTENCOURT et al., 2012), garantindo sua higienização e/ou inertização para posterior destinação.

Após tratamento dos dados obtidos através dos ensaios laboratoriais, foi elaborado um boxplot (FIGURA 29), com os valores de todos os parâmetros normalizados, separando nos períodos seco e chuvoso. O objetivo é utilizar a estatística para verificar a variabilidade amostral, observar as discrepâncias, conforme figura a seguir.

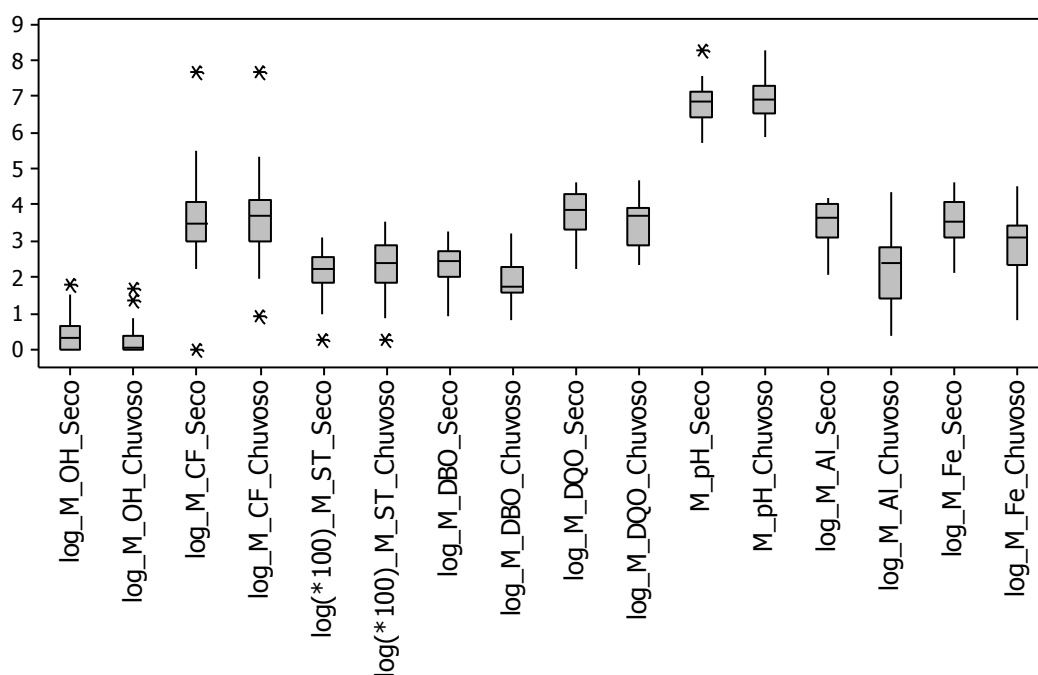


Figura 29 – Distribuições das amostras, por parâmetro, nos períodos seco e chuvoso.

Para cada grupo, o software Minitab® traça caixas verticais representando, onde a linha central é a mediana, os “*whiskers*” que se estendem a partir da caixa, representam 25% da distribuição e os asteriscos os “*outliers*”. Sendo assim conforme a figura acima, é possível observar as distribuições normalizadas para cada parâmetro analisado. E por mais que há uma variação nos períodos seco e chuvoso, estatisticamente não se pode afirmar, com base nos dados analisados que há uma diferença entre os períodos. Somente o parâmetro Al, fica evidenciado uma discrepância entre o período chuvoso e de estiagem, pois a variabilidade dos dados no período chuvoso, demonstra através do boxplot uma distribuição não simétrica, onde parte dos dados ultrapassou 25% dos resultados para o período seco.

5.8. COMPARAÇÃO COM A RESOLUÇÃO CONAMA

A comparação dos valores obtidos nas análises físico-químicas, de metais e biológicas com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA n.º 375 de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em

estações de tratamento de esgoto sanitário. Os valores constatados foram também comparados com a Resolução CONAMA n.º 430 de 2011, sobre parâmetros para lançamento de efluentes em corpos de água (BRASIL, 2006; 2011).

A partir dos dados obtidos nos ensaios laboratoriais foi elaborada uma tabela que apresenta a comparação com os teores máximos encontrados em lodos das ETAs elencadas neste estudo (TABELA 2).

TABELA 2 - TEORES MÁXIMOS POR ETA EM RELAÇÃO AS RESOLUÇÕES CONAMA N.º 375 DE 2006 E 430 DE 2011.

Parâmetro	ETA	Teor	VMP Resolução n.º CONAMA 375/2006	VMP Resolução n.º CONAMA 430/2011
pH	Toledo	8,4	-	5 a 9
DQO (mg/l de O ₂)	Campo Mourão	55.347	-	-
DBO (mg/l de O ₂)	Ind. Araucária	1.996	-	120
Sólidos totais (%)	Toledo	13,7	-	-
Coliformes fecais (UFC/100mL)	Cianorte	5,00 x10 ⁷	<10 ³ UFC/ g de ST	-
Ovos de helmintos (ovo/g)	Cianorte	66	<0,25 ovo/g de ST	-
As (mg/L)	-	<1	41	0,5
Ba (mg/L)	Rio da Paz	33,2	1300	5,0
Cd (mg/L)	-	<1	39	0,2
Pb (mg/L)	Assis Chateaubriand	4,55	300	0,5
Cu (mg/L)	Apucarana	56,8	1500	1,0 (dissolvido)
Cr total (mg/l)	Toledo	10,3	1000	0,1 Cr ⁺⁶ 1,0 Cr ⁺³
Hg (mg/L)	-	<1	17	0,01
Mo (mg/L)	-	<1	50	-
Ni (mg/L)	Assis Chateaubriand	7,2	420	2,0
Se (mg/L)	-	<1	100	0,30
Zn (mg/L)	Apucarana	46,4	2800	5,0
Al (mg/L)	Apucarana	22.720	-	-
Fe (mg/L)	Despique	57.870	-	15,0 (dissolvido)

Nenhuma das ETAs possui lodo com todos os parâmetros dentro dos limites propostos pela Resolução do CONAMA n.º 430 de 2011, para que ele fosse

descartado como efluente (BRASIL, 2011). Em todos os casos, a concentração de ferro é o parâmetro que mais extrapola os limites de lançamento de efluentes. Além deste fato, a Lei Estadual dos Resíduos Sólidos n.º 12493 de 1999 proíbe o lançamento de resíduos sem tratamento em rios ou outros corpos de água (PARANÁ, 1999).

5.9. TEOR DE PRODUTOS QUÍMICOS APLICADOS NAS ETAS

Nos laudos de análise elaborados pelo laboratório de controle de qualidade de produtos químicos da SANEPAR foi compilado os dados de média dos parâmetros avaliados de acordo com a aplicação no período de estudo (FIGURA 32), ou seja, período de coleta das amostras no regime de chuva e no de estiagem.

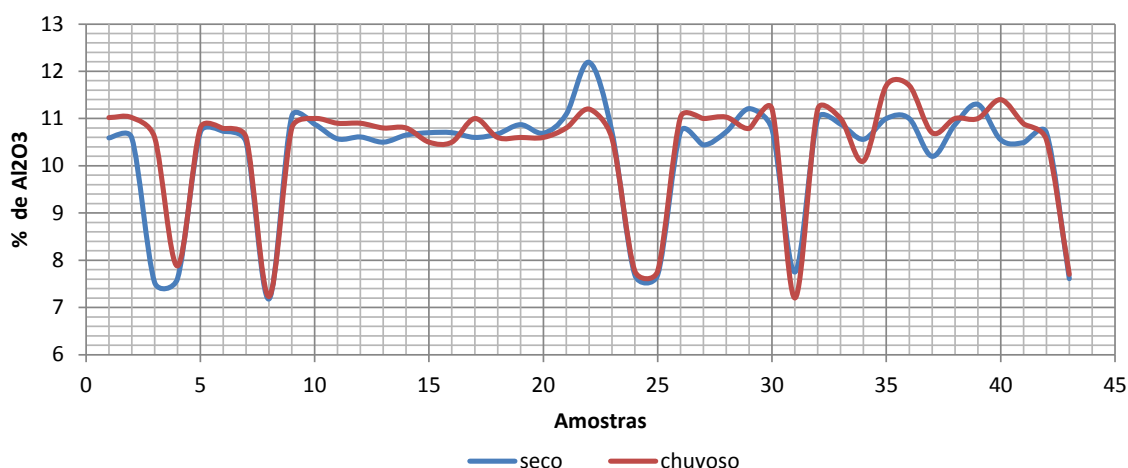


Figura 30 – Teores de Al_2O_3 encontrados nos coagulantes a base de sais de alumínio.

A média para o período seco para alumina (Al_2O_3) foi de 10,26% e o valor encontrado para o período chuvoso foi de 10,42% nos coagulantes a base de alumínio (cloreto de polialumínio e sulfato de alumínio). Valores normais segundo histórico de controle de produtos químicos da SANEPAR.

As áreas de depressão do gráfico acima devem ser entendidas como os locais onde há a aplicação de sais de alumínio com teor mais baixo de alumina (Al_2O_3), tais como sulfato de alumínio granulado.

A influência do teor de Fe nos lodos oriundos de coagulantes a base de alumínio (FIGURA 33) pode ser observada na figura a seguir.

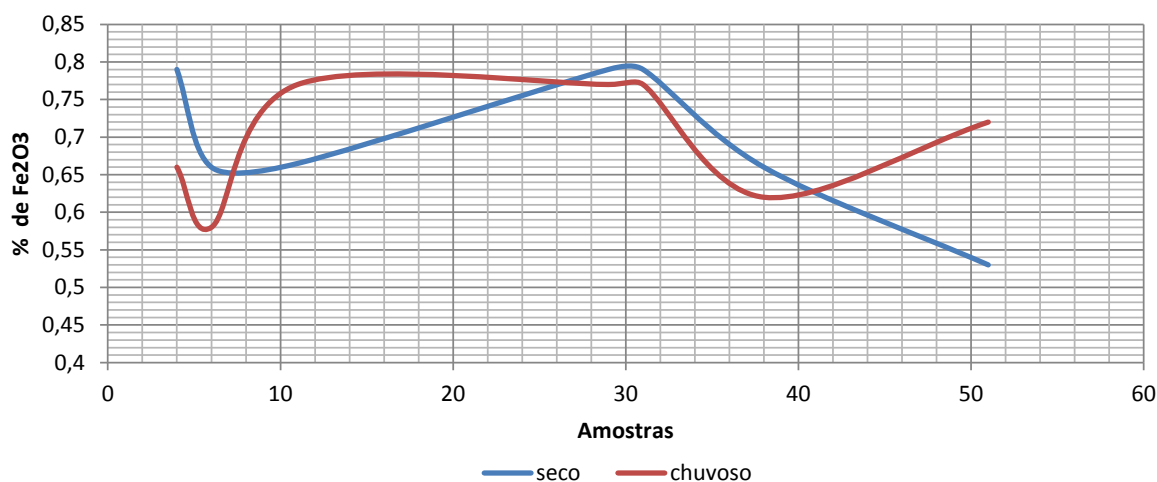


Figura 31 – Teores de Fe₂O₃ encontrados nos coagulantes a base de sais de alumínio.

O mesmo comportamento pode ser observado na figura acima, a concentração de hematita (Fe₂O₃) apresentou aproximadamente 0,7% nos coagulantes a base de alumínio para os períodos seca e chuvoso. A hematita compõe uma espécie de contaminante no processo de produção do coagulante a base de sais de alumínio.

No presente estudo somente a ETA Cafezal aplica cloreto férrico como coagulante. Os dados analíticos referentes aos lotes analisados no período de amostragem do lodo de ETA são apresentados abaixo (FIGURA 34).

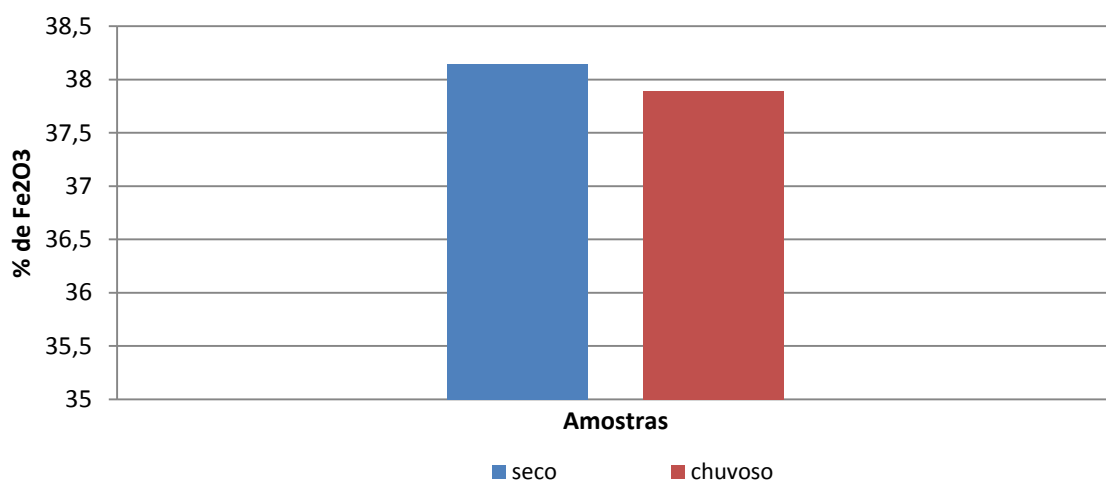


Figura 32 – Teores de Fe₂O₃ encontrados em coagulantes a base de sais de ferro na ETA Cafezal.

No caso dos sais a base de ferro, foi observada teor médio de 38% para ambos os períodos amostrais, parâmetro que está dentro da faixa aceitável preconizados em normas internas da SANEPAR.

Demais metais analisados (valores menores que 1,0 mg/kg referentes ao limite inferior de quantificação para antimônio, arsênio, bário, cádmio, chumbo, cromo, selênio, prata e valor menor que 0,1 mg/kg para mercúrio) nos coagulantes a base de ferro e alumínio apresentaram valores abaixo do limite de quantificação. Com exceção para o alumínio que no coagulante cloreto férrico apresentou 327,3 mg/L no período seco e 342 mg/L no período chuvoso. No entanto, segundo norma interna da SANEPAR o valor máximo permissível para este parâmetro é de 400 mg/L.

Nos outros produtos químicos utilizados no tratamento de água tais como alcalinizantes (cal hidratada e hidróxido de sódio líquido a 20%) apresentaram para o ensaio de metais, valores menores que os limites de quantificação.

5.10. PROPOSTA MODELO DE GESTÃO DO LODO DE ETA

Com a compilação dos dados apresentados, foi proposto modelo de gestão do lodo de ETA análogo ao que já ocorre com os lodos provenientes dos sistemas de tratamento de esgotos sanitários da SANEPAR.

No Paraná, a SANEPAR é a maior responsável pela coleta e tratamento do esgoto, realizado em 230 estações de tratamento de esgoto (ETEs) distribuídas em 18 Unidades Regionais e 2 Unidades de Serviço de Região Metropolitana da empresa (SANEPAR, 2013).

A adequada destinação final do lodo gerado nas estações de tratamento de esgoto é uma necessidade de saúde pública, de preservação ambiental e de responsabilidade social. Desta forma, a SANEPAR adotou o uso agrícola como alternativa ao destino final seguro e sustentável para o lodo de esgoto, devido à reciclagem de nutrientes, necessários ao desenvolvimento das plantas e devido à diminuição da degradação do solo e da água (SANEPAR, 2013).

O Programa de Uso Agrícola de Lodo de Esgoto, iniciado em 2002 na Região Metropolitana de Curitiba e Foz do Iguaçu, vem sendo ampliado para o interior do

estado com o licenciamento e operacionalização de Unidade de Gerenciamento de Lodo (UGL). A UGL é uma unidade vinculada ou não a uma Estação de Tratamento de Esgoto que realiza o gerenciamento do lodo gerado por uma ou mais ETEs para fins de aplicação agrícola, sendo que essa aplicação somente pode ser realizada mediante a existência de uma UGL devidamente licenciada pelo órgão ambiental competente (SANEPAR, 2013).

Atualmente, estão formadas 81 UGLs que abrangem 203 ETEs da empresa. Dessas 81 UGLs formatadas 76 já possuem licenciamento ambiental para o uso agrícola de lodo de esgoto, sendo que a maioria se encontra em processo inicial de operação (SANEPAR, 2013).

Sendo assim, análoga a gestão por UGLs, se recomenda a gestão por Unidade de Gerenciamento de Lodo de ETA (UGL_{ETA}). No entanto, a destinação do lodo de ETA será definida de acordo com a vocação de cada região dividida por unidade hidrográfica, para termos escala para negociação e gestão. Para a escolha das alternativas de destinações do lodo de ETA foi organizado no esquema (Figura 35) a seguir.

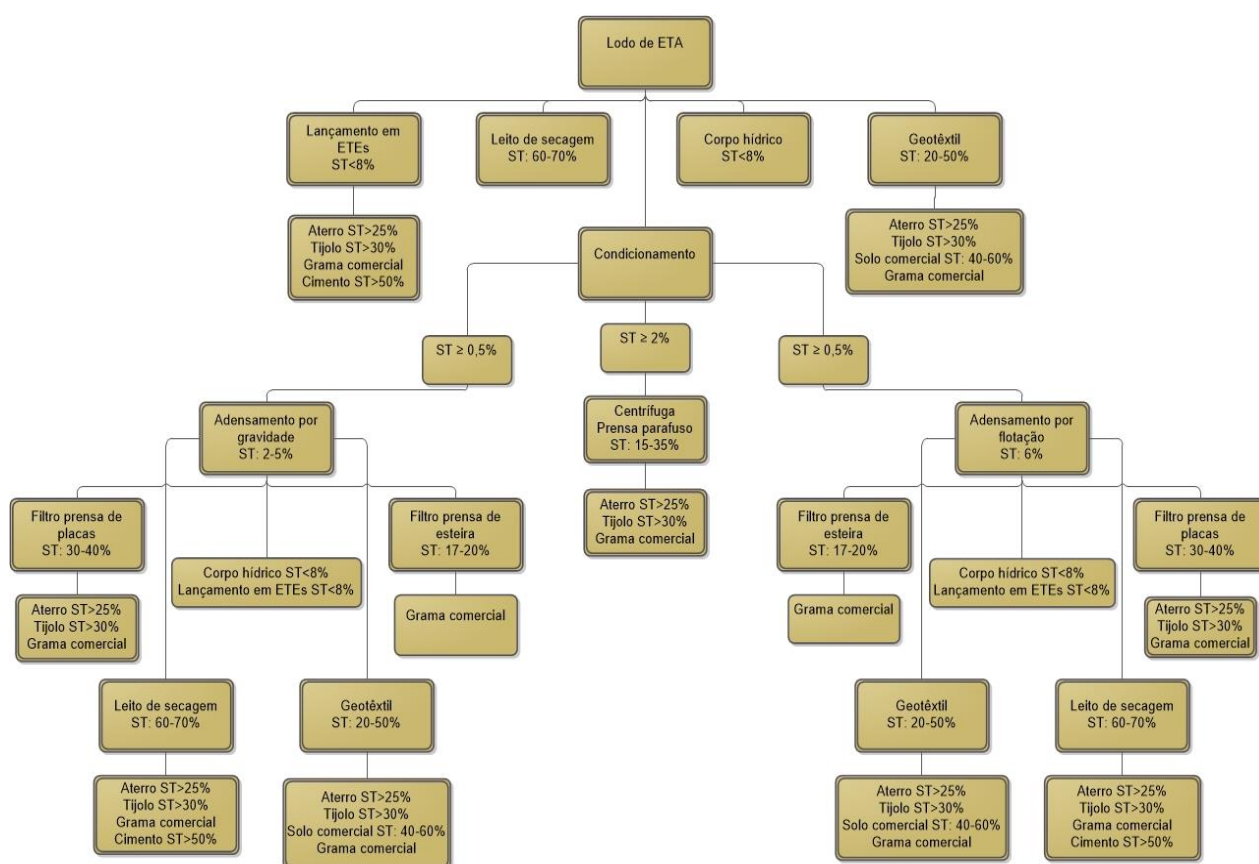


Figura 33 – Alternativas de tratamento e disposição final para o lodo de ETA.
Fonte: Adaptado de SOUZA et al., 2014.

Na Figura 35 estão as alternativas para a gestão do lodo de ETA. Assim, dependendo da destinação requerida, foram sugeridas as escolhas tecnológicas para o desague do lodo.

O interessante é que para os mesmos teores de sólidos temos processos mecanizados e não mecanizados. No entanto, o critério de escolha do projetista deve-se seguir em função da sustentabilidade, que deve considerar os fatores: social, econômico e ambiental.

Souza e colaboradores (2014) realizaram um levantamento de custos por tecnologia para facilitar na concepção dos projetos de desidratação. Este estudo resume-se na tabela a seguir (TABELA 3).

QUADRO 5 – CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO PARA O TRATAMENTO DO LODO DE ETA.

EQUIPAMENTO	TOTAL CUSTO IMPLANTAÇÃO (R\$)	TOTAL CUSTO OPERAÇÃO ANO (R\$)
Geotêxtil	63.733,00	154.047,00
Filtro prensa de placas	584.700,00	164.722,00
Decantador tipo centrífuga	312.225,00	153.667,50
Leitos de secagem	5.852.060,00	82.628,00

Fonte: Adaptado de SOUZA et al., 2014.

A composição dos custos, segundo Souza e colaboradores (2014) foram considerados os custos de implantação através de cotação no mercado, considerando desde a execução do projeto até a entrada em operação da planta de tratamento de lodo de ETA. Já, para os custos operacionais foram considerados: mão de obra, energia elétrica, produtos químicos, transporte e manutenção (SOUZA et al., 2014). Os dados levantados por este autores foram complementados no presente estudo incluindo o decantador tipo centrífuga.

A necessidade de um processo contínuo e a mecanização do processo, foi elaborado uma tabela comparando os equipamentos mecanizados mais usuais para o desague do lodo de ETA, conforme Tabela 4 a seguir.

QUADRO 6 – Comparativo dos equipamentos mecanizados para desague do lodo de eta.

	Centrífuga	Filtro Prensa Esteira	Filtro Prensa Placas	Prensa Parafuso
Investimento	Médio	Baixo	Alto	Médio/Alto
Instalação	Baixo	Médio	Alto	Baixo
Equipamentos auxiliares	Baixo	Médio	Alto	Baixo
Secagem	Médio/Alto	Baixo	Alto	Médio/Alto
Sistema contínuo	Sim	Sim	Não	Sim
Automação	Fácil	Médio	Difícil	Fácil
Consumo de polímero	Médio/Alto	Médio	Médio	Médio/Alto
Custo de manutenção	Alto	Médio	Médio	Muito baixo
Operação e Manutenção	Treinamento específico	Fácil	Fácil	Fácil
Espaço físico requerido	Baixo	Médio	Alto	Médio
Consumo de energia	Alto (30 – 60 kW/Ton ST)	Baixo (10 – 25 kW/Ton ST)	Médio (20 – 40 kW/Ton ST)	Muito baixo (< 5 kW/Ton ST)

Considerando os dados apresentados acima, que foram retirados dos manuais de operação de cada equipamento listado, tem alguns fatores decisivos para facilitar a escolha da tecnologia de desague mecanizado de lodo de ETA.

5.10.1. Diretrizes e Metas da Proposta de Gestão do Lodo de ETA

A proposta de composição das diretrizes e metas sobre a gestão do lodo na SANEPAR necessita ser integrada e internalizada no planejamento estratégico da Diretoria de Operações da SANEPAR, por ser a área executiva das atividades de tratamento e distribuição de água.

O estabelecimento da seguinte diretriz estratégica é sugerido: “Implantar as UGL_{ETA} para o processo água”.

O termo implantar UGL_{ETA} inclui as etapas de formatação, licenciamento ambiental, estruturação e operacionalização das UGL_{ETA} de acordo com a

normatização brasileira vigente e descrever os procedimentos no Sistema Normativo da SANEPAR.

A destinação do lodo de água de forma legalmente adequada representa o atendimento a legislação, a prevenção e redução de riscos e danos ambientais e indica o comprometimento social e ambiental da empresa. Dessa forma, o controle de desempenho do processo de destinação final do lodo de ETA para o cumprimento da diretriz estabelecida será realizado mediante o estabelecido na TABELA 5, a qual Achon et al., (2013) descreve as metas que representam os resultados a serem alcançados e os indicadores que descrevem os fatores de medição.

TABELA 3 – METAS, INDICADORES E DESCRIÇÃO DO INDICADORES ESTRATÉGICOS.

META	INDICADOR	DESCRIÇÃO DO INDICADOR
Atingir 90%* das ETAs com tratamento de lodo e UGL _{ETA} licenciadas	Índice de ETAs em UGL _{ETA} licenciada	Identificar o percentual de ETAs em operação que fazem parte de UGL _{ETA} licenciadas.
Obter, anualmente, 90%* de destinação adequada de lodo de ETA	Índice de destinação de lodo de ETA - IDL _{ETA}	Medir o percentual de lodo destinado adequadamente em relação ao total de lodo gerado pelas ETAs.

* valor colocado como exemplo.

Fonte: adaptado de Achon et al., 2013.

Os dois indicadores estratégicos citados acima e mais os indicadores operacionais citados na Tabela 6, para a gestão do lodo de ETA são necessários minimamente para a implantação do programa das UGL_{ETA}.

TABELA 4 – INDICADOR PARA O PROCESSO DE TRATAMENTO DO LODO DE ETA.

INDICADOR	UNIDADE
Lodo reutilizado ou reciclado após tratamento	%
Água de lavagem de filtros reutilizada ou reciclada após tratamento	%
Volume de lodo gerado nos decantadores em litros por volume de água tratada	L.m ³
Volume de água de lavagem de filtros gerada em litros por volume de água tratada	L.m ³
Perda de água na ETA por habitante: volume de água perdida na ETA pela população abastecida	m ³ .hab ⁻¹ .ano ⁻¹

Fonte: adaptado de Achon et al., 2013.

Tais indicadores foram sugeridos por Achon e colaboradores (2013) baseados nas normas ISO 24510:2007, 24511:2007 e 24512:2007 que provocam discussões em relação ao funcionamento dos sistemas de saneamento. A série ISO 24510, desenvolvida pela Comissão Técnica ISO TC224 e publicada em dezembro de 2007,

constitui o primeiro conjunto de normas de serviço publicadas pela *International Organization for Standardization* (ISO), que se diferencia das demais normas ISO por aplicação voluntária, pois, as demais normas ISO são para a certificação e/ou acreditação.

Esta série de normas contém recomendações sobre as atividades relativas à gestão dos serviços de abastecimento de água e esgoto; contemplando três normas: ISO 24510 – “*Activities relating to drinking water and wastewater service: guidelines for the assessment and for the improvement of the service to users*” (Atividades relacionadas ao serviço de água e esgoto: diretrizes para a avaliação e melhoria para os usuários); ISO 24511(2007b) – “*Activities relating to drinking water and wastewater services: guidelines for the management of wastewater utilities and for the assessment of wastewater services*” (Atividades relacionadas ao serviço de água e esgoto: diretrizes para a gestão e avaliação dos serviços de esgotamento sanitário); e ISO 24512 – “*Activities relating to drinking water and wastewater services: guidelines for the management of drinking water utilities and for the assessment of drinking water services*” (Atividades relacionadas ao serviço de água e esgoto: diretrizes para a gestão e avaliação dos serviços de água potável).

5.10.2. Proposta de Modelo de Programa de Trabalho para a Gestão do Lodo de Água na SANEPAR

O programa será apresentado à diretoria da empresa como proposta, sugerindo a criação de um grupo de trabalho a fim de estabelecer as diretrizes e indicadores para a sua implantação.

A proposta modelo está no Apêndice IV, no formato a ser apresentado para a diretoria da SANEPAR. A seguir segue o formato de redação da dissertação.

No intuito de se viabilizar este programa é necessária uma mobilização e articulação entre diversas instituições e órgãos do Estado, análogo ao que aconteceu com a regulamentação do uso agrícola do lodo das ETES da SANEPAR.

Algumas instituições foram previamente selecionadas neste projeto, por já atuarem na área e serem parceiras da SANEPAR no desenvolvimento de vários projetos. As instituições envolvidas nesta proposta de gestão do lodo de ETA são:

SANEPAR; TECPAR; SENAI/PR; IAP; Paraná Ambiental; MINEROPAR; Prefeituras / Secretaria Municipal de Meio Ambiente; e SINDICER-PR – Sindicato da Indústria Cerâmica do Paraná.

O presente Programa de Trabalho foi elaborado, considerando a necessidade de integração de esforços entre SANEPAR e as instituições acima descritas, para em conjunto desenvolverem um Programa para a destinação correta de lodos de estações de tratamento de água (ETA) produzidos pela SANEPAR. Com uma produção atual de aproximadamente 3500 toneladas de lodo seco por mês nas 176 estações de tratamento de água operadas pela SANEPAR.

Desta forma, ciente da importância desta questão e buscando equacioná-la junto ao órgão ambiental, em função das legislações aplicáveis bem como de sua responsabilidade com a sustentabilidade do meio ambiente, vem por meio deste documento apresentar uma proposta de trabalho com algumas alternativas de destinação.

Assim, elevar ao máximo a integração e evitar a sobreposição de atividades, as instituições a serem envolvidas procurariam através deste Programa de Trabalho desenvolver um fluxo de cooperação técnica visando a destinação final econômica, ambiental, social e legalmente adequada dos lodos de ETAs gerados pela SANEPAR.

O programa inicialmente será em formato piloto no município de Curitiba e Região Metropolitana. Uma segunda etapa irá se estendendo gradativamente para outros locais de atuação da SANEPAR.

Em função das pesquisas já desenvolvidas no estado do Paraná, três alternativas já vem sendo desenvolvidas tecnicamente: matéria-prima para produção de cerâmica vermelha; recuperação de áreas degradadas; e disposição e lançamento controlado no solo. Alternativas que também podem compor o projeto piloto são: co-processamento, incorporação no cimento, produção de gramas comerciais. No entanto, através dos dados obtidos nesta pesquisa, as três alternativas propostas podem atender a demanda inicialmente da proposta de programa em função dos sistemas de desagüe e logística adotada na gestão da destinação do lodo de ETA.

5.10.2.1. Matéria-prima para produção de cerâmica vermelha

A descrição do processo a ser executado consistiria da seguinte forma: o lodo de ETA desaguado seria transportado até as olarias para a fabricação de blocos não estruturais – tijolo, sendo misturado em uma proporção de até 5% (RIBEIRO, 2008). Estudos demonstram que não há melhoria na qualidade com a mistura de lodo de ETA com argila, porém há a promoção da prática da reciclagem através da utilização de resíduos industriais, podendo trazer benefícios ambientais, pois, substitui a utilização de recursos naturais por resíduos reciclados (TEIXEIRA et al., 2004).

A principal dificuldade teria que ser enfrentada neste processo seria a grande variabilidade na composição da argila/lodo de ETA. Especialmente em função da umidade do lodo, bem como muitas olarias não atendem a norma ABNT e algumas delas não têm licenciamento ambiental (TEIXEIRA et al. 2006). Deveria ser adotado controle da qualidade para que ocorresse a disposição com um material mais uniforme possível. Haveria a necessidade de capacitação e especialização do produtor de cerâmica vermelha.

As instituições que poderiam compor este programa seriam: SANEPAR, SENAI, SINDICER-PR, TECPAR, IAP e MINEROPAR.

As ações e mecanismos de como deveria ocorrer a interface entre as instituições constituiriam no estabelecimento de critérios para a seleção das olarias, no mínimo que façam parte do controle de qualidade do TECPAR. A partir deste ponto, seriam realizados testes práticos em escala piloto para se obter manuais de utilização de lodo de água. Promover padrões de controle ambiental dos tijolos. O estado do Paraná regulamentaria a preferência de compra em obras públicas de tijolos contendo lodo de ETA.

O custo do transporte seria por conta da SANEPAR e a mesma licitaria por ETA para se tentar reduzir a questão do custo do transporte. Também, a empresa arcaria com o custo do controle de qualidade do tijolo produzido (análises da composição química) e com uma remuneração a olaria, enquanto é criado o mercado para “tijolos recicláveis” pela regulamentação.

5.10.2.2. Recuperação de áreas degradadas

O lodo de água seria misturado com o lodo de ETE caçado. O lodo deve ser caracterizado quanto aos parâmetros inorgânicos e de sanidade, previamente a sua aplicação na área. Também seria realizada a coleta de amostra composta do solo para análise de parâmetros agronômicos, físicos, microbiológicos e de metais pesados (SOBRINHO, 2001).

A instalação de poços de monitoramento de água subterrânea, cuja água deve ser coletada para análise preliminar de substâncias inorgânicas e parâmetros microbiológicos (HUNDAL et al., 2005).

A regularização da área e a implantação de terraços de contenção, rugosidades em nível com grade e/ou subsolador para evitar perdas por escoamento superficial. Posteriormente seriam aplicadas em cobertura as doses recomendadas de lodo de ETA, previamente caracterizado, com base nas características físicas e químicas do solo e do lodo de ETA, com as complementações minerais recomendadas para ajustar a disponibilidade e equilíbrio de nutrientes (HUNDAL et al., 2005).

A dosagem recomendada de lodo, de corretivos e fertilizantes deve ser aplicada e incorporada no solo por meio de arado e grade (CORDEIRO, 2001). Caso seja necessário, esta operação poderia ser fracionada em duas ou mais aplicações. Após o preparo do solo e após estas etapas, se executaria a semeadura de uma mistura de gramíneas e leguminosas apropriadas à época do ano, de rápido crescimento para produção de matéria orgânica, que serão incorporadas ao solo quando atingirem grande crescimento vegetativo (BITTENCOURT et al., 2012). Esta operação concluiria a recuperação do potencial produtivo do solo e posteriormente seria plantada a cobertura vegetal selecionada pelos respectivos proprietários, podendo ser vegetação rasteira de cobertura ou implantação de bosque com espécies florestais nativas, respeitando a sucessão e fitossociologia regional (BITTENCOURT et al., 2012).

Ao final do processo de recuperação das áreas deve ser coletadas amostras de solo e de água subterrânea dos poços de monitoramento para análise dos parâmetros descritos anteriormente.

Entre as dificuldades deste processo, constaria a identificação de áreas degradadas próximas as estações de tratamento, autorização dos proprietários, licenciamento ambiental. Para esta prática de recuperação de áreas degradadas, gestão do processo, limitação de dosagem de lodo em função do limite de aplicação dos metais presentes no lodo, tais como Fe, Al e Mn.

As instituições que estariam neste processo poderiam ser: Paraná Ambiental, IAP, Prefeituras/SMA, SENAI e SANEPAR.

Os mecanismos para o funcionamento deste processo deve ser via as secretarias municipais de meio ambiente, que identificariam as áreas degradadas nos municípios e contatarão os proprietários. A SANEPAR forneceria o lodo de Água e Esgoto e o Paraná Ambiental se responsabilizaria pela execução prática deste projeto e o IAP seria o responsável pelo licenciamento e avaliaria o controle ambiental.

Os custos destes projetos envolverá Paraná Ambiental que seria o responsável pela execução das atividades de recuperação de áreas degradadas, incluindo o preparo do terreno, transporte do lodo e faria a incorporação, plantio e o controle ambiental. A SANEPAR arcaria com os custos da disposição.

5.10.2.3. Disposição e lançamento controlado no solo

O local será selecionado para a disposição de altas doses de lodo de ETA, o sistema de operação será idêntico ao sistema de *Landfilling* e o lodo de ETA deve ser caleado para diminuir o risco de percolação de metais para o meio (FERNANDES e SOUZA, 2001).

Por se tratar de uma forma de aterro controlado e de altas dosagens de lodo de ETA, sabendo que este resíduo apresenta concentração acentuada de Ferro e/ou Alumínio e eventualmente de alguns metais pesados, a dificuldade está na escolha correta do local sob o ponto de vista hidrogeológico, de operação e o plano de monitoramento constante do terreno deverá ocorrer para garantir a segurança e evitar riscos ambientais na operação (ANDREOLI et al., 2013b).

O cadastro da propriedade será realizado com base nas seguintes informações: caracterização da propriedade; localização da propriedade

(georreferenciamento); estudo das restrições ambientais e legais da área; avaliação das restrições hidrogeológicas; caracterização do potencial do solo para uso de lodo de ETA; avaliação do local de estocagem temporária; recomendação de doses de lodo; critérios e cuidados no manuseio; licenciamento ambiental; acompanhamento das quantidades de metais adicionados. As possíveis instituições envolvidas seriam: SANEPAR, SENAI e IAP.

A aptidão do local para a disposição de lodo seria avaliada pelo comportamento do solo frente a riscos de contaminação ambiental e de saúde e a dificuldade de mecanização.

As diretrizes que seriam utilizadas para avaliação da aptidão do solo para lançamento do lodo estariam definidas em Norma Técnica do Instituto Ambiental do Paraná - IAP e relacionam: geologia, hidrogeologia, declividade, áreas úmidas, APPs, reserva legal, vegetação e estudo das orientações de uso do solo (zoneamento). Nas áreas de aplicação deve ser avaliadas: profundidade, textura, susceptibilidade à erosão, drenagem, relevo, pedregosidade, hidromorfismo e pH.

Os custos seriam integralmente absorvidos pela SANEPAR, no entanto poderá ser operado por ela mesma ou através de terceirização.

6. CONCLUSÃO

A partir do estudo proposto foi possível concluir que o sistema de tratamento e disposição dos resíduos deve ser compatível com as condições do local, ressaltando-se a situação financeira, a localização, disponibilidade de área, quantidade de lodo produzido e qualidade da água bruta, dentre os fatores.

O lodo de ETA é classificado segundo a NBR 10.004 de 2004 como resíduos Classe II-A – Não Inertes (não perigoso), sendo que a maioria das estações de tratamento de água descarta nos recursos hídricos próximos as estações sem receber nenhum tratamento adequado. Há um cenário a partir da Resolução SEMA 21 de 2009 onde até 2019 não haverá lançamento em corpos hídricos tal resíduo.

Através das análises físico-químicas podem ser observado que o lodo de ETA é formado em maior porcentagem por alumínio e ferro, decorrentes da adição de coagulantes no processo de tratamento de água constituídos destes metais e da contribuição natural em função da geoquímica do estado do Paraná. Sobre o aspecto biológico, há de ter cuidado com o manuseio (saúde ocupacional do operador), no entanto para as demais destinações deve ser avaliado caso a caso.

A relação DQO/DBO encontrada foi acima de 10 para todas as amostras realizadas, indicando ser um material não biodegradável, constituído por compostos inorgânicos.

A grande variabilidade nos qualitativos dos lodos gerados ao longo do período do estudo em cada ETA pode ser notado. No período seco foi evidenciada a concentração dos parâmetros analisados e no período chuvoso ocorreu uma maior produção de lodo, pois há volume maior de sólidos em suspensão e sólidos dissolvidos durante a estação chuvosa, demandando maior quantidade de produtos químicos, aumentando-se assim a quantidade de lodo.

A estimativa de geração de lodo das ETAs em 2013 foi de 181 m³/mês, sendo que este dado deve aumentar, pois, acompanha o crescimento da produção de água tratada em função da crescente demanda fruto do crescimento populacional e aumento do setor industrial produtivo.

Em face da complexidade, foi enfatizado que não pode ser identificada somente uma possibilidade para o tratamento e disposição final dos lodos de suas ETAs, devendo cada uma das opções ser ponderada para cada ETA

individualmente, em função de seus aspectos técnicos, econômicos, ambientais, sociais e políticos.

A indústria cerâmica reduz o uso de recursos naturais não renováveis, quando são confeccionados tijolos e/ou blocos cerâmicos adicionados com o lodo de ETA, trazendo benefício ao meio ambiente. A principal desvantagem do uso do resíduo sólido na fabricação dos tijolos cerâmicos está no alto valor do limite de plasticidade, sendo recomendado o uso somente como constituinte de formulações argilosas adicionados em quantidades adequadas.

A incorporação do lodo em matriz de concreto mostrou ser uma alternativa econômica, tecnicamente viável e vantajosa, porque substitui agregados convencionais por artificiais de menor custo. A desvantagem está na variação das propriedades que o concreto confeccionado com o resíduo pode sofrer dependendo das concentrações utilizadas, portanto, devem ser realizados ensaios que comprovem o quanto o resíduo está estabilizado.

Caso a empresa opte por ter um aterro próprio para a disposição do lodo de ETA, a mesma deverá seguir os mesmos controles ambientais. Apesar disso, estão sujeitos as mesmas sanções legais, aliás, caso se viabilize uma nova tecnologia de tratamento e/ou disposição, a mesma pode aproveitar o material até então depositado neste aterro.

A partir destes comentários os tomadores de decisão da companhia devem ter em mente que para a gestão do lodo de ETA o gestor deve ter uma visão geral sobre a produção, característica e alternativas de descarte, reciclagem e reaproveitamento deste resíduo no meio ambiente. Tal visão contribui para modificar a atual conjuntura e abordagem da problemática dos resíduos sólidos produzidos nas estações de tratamento de água. Deste modo este lodo deixa de ser visto como um simples resíduo a ser descartado para uma postura coerente com princípios de desenvolvimento sustentável e potencial de reaproveitamento.

REFERÊNCIAS

ACHON, C. L.; BARROSO, M. M.; CORDEIRO, J. S. Resíduos de estações de tratamento de água e a ISO 24512: desafio do saneamento brasileiro. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 18 n. 2, abr/jun. p. 115-122. 2013.

ALEXÉEV, V. – **Semi-microanálisis Químico Cualitativo**, Mendoza, U. V. (tradutor), 1ª ed., Mir Publishers, 1975.

ANDREOLI, C. V.; ZARPELON, A.; BERTOLDI, B.; CARNEIRO, C. **A problemática da geração e disposição final de Lodo de ETA**. In: CARNEIRO, C.; ANDREOLI, C. V. (Coord.). *Lodo de Estações de Tratamento de Água – Gestão e Perspectivas Tecnológicas*. Curitiba: SANEPAR, 2013a. p.179-222.

ANDREOLI, C. V.; FERNANDES, C. V. S.; PEGORINI, E. S.; SOCCOL, V. T. **Disposição final de lodos de estações de tratamento de água**. In: CARNEIRO, C.; ANDREOLI, C. V. (Coord.). *Lodo de Estações de Tratamento de Água – Gestão e Perspectivas Tecnológicas*. Curitiba: SANEPAR, 2013b. p.67-130.

ASCE. American Society of Civil Engineers. **Technology Transfer Handbook: Management of Water Treatment Plant Residual**. New York, 1996.

AWWA. American Water Works Association. **Report a Disposal of Sludge from Water Treatment Plant**. New York, 2011.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Classificação de Resíduos Sólidos**. NBR 10004. Rio de Janeiro, 2004.

BACCAN, N.; GODINHO, O. E. S.; ALEIXO, L. M.; STEIN, E. **Introdução à Semimicroanálise Qualitativa**, 6ª ed., Ed. UNICAMP, Campinas, 1995.

BITTENCOURT, S.; SERRAT, B. M.; AISSE, M. M.; MARIN, L. M. K. S; SIMÃO, C. C. **Aplicação de lodos de estações de tratamento de água e de tratamento de esgoto em solo degradado**. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 17 n. 3, jul/set. 2012.

BITTON, G. **Wastewater Microbiology**. Ed. Wiley, New York, 2001.

BRASIL. Lei Federal n.º 6.938 de 31 de agosto de 1981. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>.

BRASIL. Lei Federal n.º 9.433 de 8 de janeiro de 1997. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm>.

BRASIL. Lei Federal n.º 9.605 de 12 de fevereiro de 1998. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm>.

BRASIL. Lei Federal n.º 9.984 de 17 de julho de 2000. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9984.htm>.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 307, de 5 de Julho de 2002**. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.pdf>>

BRASIL. **Resolução CONAMA n.º 357 de 17 de Março de 2005**. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>.

BRASIL. **Resolução CONAMA n.º 375 de 29 de Agosto de 2006**. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>.

BRASIL. Resolução CONAMA n.º 430 de 13 de Maio de 2011. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>.

BRASIL. Histórico da criação do licenciamento ambiental. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/governanca-ambiental/portal-nacional-de-licenciamento-ambiental/licenciamento-ambiental/hist%C3%B3rico>>

BRASIL. Portaria n.º 2.914, de 12 de Dezembro de 2011. Ministério da Saúde. Disponível em:
<http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>

CARVALHO, E.H.; DI BERNARDO, L. Interferência dos despejos de estações de tratamento de água nas estações de tratamento de esgoto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20, Rio de Janeiro. Anais eletrônicos II-037. Rio de Janeiro, ABES. P. 1230-1238. 1999.

CARVALHO, N. O. Hidrossedimentologia Prática. 2. ed., Rev. atual. e ampliada. Rio de Janeiro: Interciência, 2008.

CARNEIRO, C. A movimentação por veiculação hídrica do fosforo e outros macroconstituintes químicos sob a influencia de fatores naturais e tecnogênicos na bacia do rio Timbú, tributário do reservatório Iraí – Região Metropolitana de Curitiba. 2008. 223f. Tese (Doutorado em Geologia Ambiental) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

CARNEIRO, C.; WEBER, P. S.; ROSS, B. Z. L.; GERVASONI, R.; SIMON, P. L.; MORO, B. G.; MOTTA, A. C. V. Caracterização do Lodo de ETA gerado no Estado do Paraná. In: CARNEIRO, C.; ANDREOLI, C. V. (Coord.). Lodo de Estações de Tratamento de Água – Gestão e Perspectivas Tecnológicas. Curitiba: SANEPAR, 2013. p.131-178.

CETESB. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Valores orientadores para solos e água subterrâneas no estado de São Paulo. Conteúdo digital acessado em 11 de agosto de 2014 no site: http://www.cetesb.sp.gov.br/solo/relatorios/tabela_valores_2005.pdf

CORDEIRO, J. S. O Problema dos Lodos Gerados nos Decantadores em Estações de Tratamento de Água. São Carlos, 1993. 342 f. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento). Escola de Engenharia de São Carlos, USP.

CORDEIRO, J. S. Remoção Natural de Água de Lodos de ETAs Utilizando Leitos de Secagem e Lagoas de Lodo. In: REALI, M. A. P. Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água. Rio de Janeiro, PROSAB: 1999. p. 125 – 142.

CORDEIRO, J. S. Processamento de lodos de estações de tratamento de água (ETAs). In: ANDREOLI, C. V. (Coord.). Aproveitamento do lodo gerado

em estações de tratamento de água e esgotos sanitários, inclusive com a utilização de técnicas consorciadas com resíduos sólidos urbanos. Curitiba, PROSAB: 2001. p. 121 – 144.

CORNWELL, D. A.; BISHOP, M. M.; GOULD, R.G. Handbook on water treatment plant wastes management. Denver, AWWA Research Foundation, 461 p., 1987.

CORNWELL, D. A., LEER, R. G.. Waste stream recycling: its effect on water quality. Journal AWWA, p. 50-63, nov. 1994.

COSTA, G. J. A experiência da DVRM na operação da unidade de tratamento de resíduos (UTR) da ETA Rio Manso. In: Encontro Técnico Copasa - Compartilhado o conhecimento: Trabalhos Técnicos. Belo Horizonte, 2010.

CTCOB. Câmara Técnica de Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Paraná. 2013. Disponível em: <<http://www.recursoshidricos.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=20>>.

CURITIBA. Decreto municipal n.º 1190 de 2004. Disponível em: <<https://www.leismunicipais.com.br/a/pr/c/curitiba/decreto/2004/119/1190/decreto-n-1190-2004-ficam-definidos-no-municipio-de-curitiba-os-parametros-de-referencia-para-qualidade-de-solo-e-agua-subterranea-2004-12-14.html>>. Acesso em: 12/08/2014.

PARANÁ. Lei Estadual n.º 12.726, de 26 de novembro de 1999. Diário Oficial do Estado. Disponível em: <<http://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/pesquisarAto.do?action=exibir&codAto=5849&codItemAto=40479>>. Acesso em: 08 de maio de 2013.

DAVID, Airton Checoni. Secagem Térmica de Lodos de Esgoto. Determinação da Umidade de Equilíbrio. 2002. 151 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica da USP, São Paulo. 2002.

DI BERNARDO, L., DI BERNARDO, A., CENTURIONE FILHO, P. L. Ensaios de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água. RiMa. São Carlos – SP, 2002.

DI BERNARDO, L., SABOGAL-PAZ, L. Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água. LDiBe. São Carlos – SP, 2008.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Mapa de Levantamento de Reconhecimento de Solos do Paraná, 1981.
EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná. Londrina, 1984 (Boletim Técnico n.º 57).

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.

FERNADES, F; SOUZA, S. G. Estabilização de Lodo de Esgoto. In: ANDREOLI, C. V. (Coord.). Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final. Curitiba, PROSAB: 2001. p. 29 – 56.

FORTES, R. M.; MERIGHI, J. V.; DANTE, R. P.; BARROS, M. A. L.; CARVALHO, M. H.; MENETTI, N. C.; BARBOSA, A. S.; RIBEIRO, F. V.; BENTO, B. B. Estudo da estabilização de lodo oriundo da estação de tratamento de água (ETA) de Taiaçupeba para utilização com material em reaterros de valas. CONINFRA – Congresso de infra-estrutura de transportes. São Paulo: 2008.

GANDINI, M.A.; GALVIS, C. A. La Dimensión Ambiental em la Selección de Tecnología de Agua Potable. Seminario Taller de Selección de Tecnología para el Mejoramiento de la Calidad del Agua. Octubre. Santiago de Cali. Colombia: 2000.

GONÇALVES, R. F; LUDUVICE, M; LIMA, M. R. P; RAMALDES, D. L. C; FERREIRA, A. C; TELES, C. R; ANDREOLI, C. V. Desidratação de lodo de esgotos. In: ANDREOLI, C. V. (Coord.). Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final. Curitiba, PROSAB: 2001. p. 57 – 86.

GRANDIN, S. R.; ALEM SOBRINHO, P.; GARCIA JR., A. D. Desidratação de Lodos Produzidos em Estações de Tratamento de Água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 17., 1993, Natal. Anais... Natal: ABES, 1993. v. 2, p. 324-341.

GUIMARÃES, G. C. Estudo do Adensamento e Desidratação dos Resíduos Gerados na ETA-Brasília. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, DF, 2007.

HOPPEN, C.; PORTELLA, K. F.; ANDREOLI, C. V.; SALES, A.; JOUKOSKI, A.; Estudo de incorporação do lodo centrifugado da estação de tratamento de água Passaúna em matrizes de concreto, com dosagem de 3%. 22º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Joinville, set., 2003.

HOPPEN, C. Reciclagem de Lodo de ETA Centrifugado na Construção Civil, Método Alternativo para Preservação Ambiental. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental. UFPR. Curitiba, 2004.

Hoppen, C.; Portella, K. F.; Joukoski, A.; Baron, O.; Franck, R.; Sales, A.; Andreoli, C. V.; Paulon, V. A. **Co-disposição de lodo centrifugado de Estação de Tratamento de Água (ETA) em matriz de concreto: método alternativo de preservação ambiental**. Cerâmica, v. 51, p. 85-95. 2005a.

HOPPEN, C.; PORTELLA, K.; ANDREOLI, C. V.; SALES, A.; JOUKOSKI, A. Estudo de dosagem para incorporação do lodo de ETA em matriz de concreto, como forma de disposição final. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande, MS. 2005b.

HOPPEN, C., PORTELLA, K.F., JOUKOSKI, A., TRINDAD, M. E. ANDREOLI, C. V. Uso de lodo de estação de tratamento de água centrifugado em matriz de concreto de cimento portland para reduzir o impacto ambiental. Quím. Nova vol. 29 n.º 1 São Paulo Jan./Feb. 2006.

HUNDAL, I.; COX, A. e GRANATO, T. Promoting Beneficial Use of Biosolids in Chicago: User Needs and Concerns. Metropolitan Water Reclamation District of Greater Chicago. Protecting Our Water Environment. 2005.

Hsieh, H., Raghu, D., Criteria Development for Water Treatment Plant Residual Monofills, AWWA and AWWA Research Foundation, June 1997, Denver, CO.

IAPAR, Cartas Climáticas do Paraná. Conteúdo digital acessado em 11 de janeiro de 2013 no site:
<<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo= 856>>.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. Rio de Janeiro, 2010.

ISO – International Organization for Standardization. (2007a) ISO 24510. Activities relating to drinking water and wastewater services: guidelines for the assessment and for the improvement for the service to users. ISO TC 224, 62 p.

ISO – International Organization for Standardization. (2007b) ISO 24511. Activities relating to drinking water and wastewater service: guidelines for the management of wastewater utilities and for the assessment of wastewater services. ISO TC 224, 59 p.

ISO – International Organization for Standardization. (2007c) ISO 24512. Activities relating to drinking water and wastewater services: guidelines for the management of drinking water utilities and for the assessment of drinking water services. ISO TC 224, 54 p.

JANUÁRIO, G.F. Planejamento e aspectos ambientais envolvidos na disposição final de lodos das estações de tratamento de água da Região Metropolitana de São Paulo (mestre em engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005, 241 p.

JANUÁRIO, G. F.; FERREIRA FILHO, S. S. Planejamento e aspectos ambientais envolvidos na disposição final de lodos das estações de tratamento de água da região metropolitana de São Paulo. Engenharia Sanitária e Ambiental. Vol.12 – n.º 2, p. 117-126. 2007.

KONDAGESKI, J. H.; CARNEIRO, C.; ANDREOLI, C. V.; WEBER, P. S. Pesquisas Interdisciplinares e a estruturação dos estudos da Rede Interinstitucional de Pesquisa em Lodo de Água. In: CARNEIRO, C.; ANDREOLI, C. V. (Coord.). Lodo de Estações de Tratamento de Água – Gestão e Perspectivas Tecnológicas. Curitiba: SANEPAR, 2013. p. 47-66.

LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Campinas-SP: Editora Átomo. 2005. 444 p.

LUCIANO, S. Y.; MOTELLANO, P. L.; MARTÍN, D. A.; SÁNCHEZ, G. L.; SANTANA, R. M. L.; MORÁN, P. M. Tratabilidad de los lodos producidos en la potabilización del agua. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE

INGENIERIA SANITÁRIA Y AMBIENTAL, XXVI, 1998, Lima – Peru. Anais...
Lima: AIDIS, 1998. 1 CD-ROM.

MACHADO L. C. G. T.; PEREIRA, J. A. R.; CUNHA M. V. P. O.; SILVA, M. N. A.; SOUSA, E.C. M. Caracterização do Lodo Gerado nos decantadores da ETA Bolonha. Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental – SILUBESA, VI. Victoria, Espírito Santo, 2002.

MARA, D.; HORAN, N. The Handbook of Water and Wastewater Microbiology. Ed. Academic Press. Great Britain, 2008. 819 p.

MARCHIORETTO, M. M. Heavy metals removal from anaerobically digest sludge. Tese (Doutorado). Universidade de Wageningen. Holanda, 2003.

MELLO, F. A. F. de; BRASIL SOBRINHO, M. de O. C; ARZOLA, S; SILVEIRA, R. I;
COBRA NETTO, A; KIEHL, J. de C. Fertilidade de Solos. São Paulo: Nobel, 1983. 400p.

MENEZES, M. P. Gerenciamento do Resíduo Sólido Oriundo de Estação de Tratamento de Água e Estudo da Disposição no Meio Ambiente. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no CEFET-GO/Área de Química para a obtenção do grau Tecnólogo em Química Agroindustrial. Goiânia, Goiás. 2006. 79 p.

MEGDA, C. R., SOARES, L. V., ACHON, C. L. Propostas de aproveitamento de lodos gerados em ETAs. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2005.

MIKI, M. K.; SOBRINHO, P. A.; VANHAADEL, A. C. Tratamento da Fase Sólida em Estações de Tratamento de Esgotos – Condicionamento, Desaguamento Mecanizado e Secagem Térmica do Lodo. In: Biossólidos: Alternativas de Uso de Resíduos do Saneamento. ABES, Rio de Janeiro, 2006.

MINEROPAR. MINERAIS DO PARANÁ S.A. Geoquímica de solo - Horizonte B. In: Levantamento Geoquímico Multielementar do Estado do Paraná. Curitiba, PR, Mineropar, 2005. v.2p. 407p.

MINEROPAR. MINERAIS DO PARANÁ S.A. Mapa de Solos do Estado do Paraná. Escala 1:250.000. SEIC do Paraná. Curitiba, 2008.

MINEROPAR. MINERAIS DO PARANÁ S.A. Mapa Geológico do Estado do Paraná – Edição 2006. Curitiba. Acessado em maio de 2012. Disponível em

<<http://www.mineropar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=22>>.

MIRON, P. M. Gerenciamento do Resíduo Sólido Oriundo de Estação de Tratamento de Água e Estudo da Disposição no Meio Ambiente. Trabalho de Conclusão de Curso. CEFET- GO. Goiânia, Goiás. 2006.

MOTTA, A. C. V. Recuperação de áreas degradadas com lodo de ETA. Relatório Final RIPLA, 2011.

MURRAY, K.; DILLON, G. Waterworks residuals management a comparison of US and UK practices. Washington, WEF, proc, 1994.

NOVAK, J. T., KNOCKE, W. G., DOVE, D., TAYLOR, A., MUTTER, R. An assessment of cropland application of water treatment residuals. Estudo publicado pelo AWWA Research Foundation and American Water Work Association, 1995.

OLIVEIRA, N; Aisse, M.M. Avaliação da secagem de lodo de estação de tratamento de água através de leito de secagem. In: XXXII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Punta Cana, Rep. Dominicana: AIDIS, 2010. p. 1-8.

OLIVEIRA, N. S. Estudo da secagem de lodo de estação de tratamento de água. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental: UFPR. Curitiba, 2010.

PAIVA, M. W.; PARREIRA, R. L. T. Resíduos das estações de tratamento de água (ETA). Linguagem Acadêmica, Batatais, v. 2, n. 2, p. 83-86, jul/dez. 2012.

PARANÁ. Lei Estadual n.º 12.726, de 26 de novembro de 1999. Diário Oficial do Estado. Disponível em: <<http://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/pesquisarAto.do?action=exibir&codAto=5849&codItemAto=40479>>. Acesso em: 08 de maio de 2013.

PARANÁ. Decreto n.º 3.619 de 14 de Setembro de 2004. Aprova o Regulamento da SUDERSHA. Diário Oficial do Estado. Curitiba, 2004.

PARANÁ. Lei n.º 12493 de 22 de janeiro de 1999. Estabelece princípios, procedimentos, normas e critérios referentes a geração, acondicionamento,

armazenamento, coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos no Estado do Paraná, visando controle da poluição, da contaminação e a minimização de seus impactos ambientais e adota providências. Diário Oficial do Estado n.º 5430. Curitiba, PR, 05 de fevereiro de 1999.

PARANÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Resolução SEMA n.º 021, de 22 de abril de 2009. Dispõe sobre o licenciamento ambiental, estabelece condições e padrões ambientais e dá outras providências, para empreendimentos de saneamento. Curitiba, PR, 22 de abril de 2009.

PIEPER, K. M. C. Avaliação do uso de geossintético para o deságue e geoconcentração de resíduos sólidos de estação de tratamento de água. Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação de engenharia civil: UFRGS. Porto Alegre, 2008.

PONTES, A.B.; CARVALHO, W.O.; MAZIERO, T.A. Projeto Águas Novas – Estudo de Caso do Sistema de Reúso de Águas de Lavagem de Filtros e Decantadores e Tratamento do Lodo da Água Juturnaíba. 3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente. Bento Gonçalves, 2012

REALI, M. A. P. Principais Características Quantitativas e Qualitativas do Lodo de ETAs. In: REALI, M. A. P. (coord.) Noções Gerais de Tratamento de Disposição Final de Lodos de ETA. Rio de Janeiro: ABES / PROSAB, 1999. p. 21-39.

REALI, M. A. P; PATRIZZI, L. J. Espessamento de lodos de ETAs. In: REALI, M. A. P. Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água. Rio de Janeiro, PROSAB: 1999. p. 41 – 84.

RICARDO, B. CAMPANILI, M. (Orgs.). Almanaque Brasil Socioambiental. São Paulo: ISA – Instituto Socioambiental, 2005.

RIBEIRO, R.A.C., Desenvolvimento de novos materiais cerâmicos a partir de resíduos industriais metal – mecânicos. Curitiba. Dissertação. Universidade Federal do Paraná, 2008.

RICHTER, C.A. Tratamento de Lodos de Estações de Tratamento de Água. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, 2001.

SABOGAL-PAZ, L. P. Modelo Conceitual de Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água para Abastecimento de Comunidade de Pequeno Porte. Tese (doutorado). Escola de engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos: 2007. 509p.

SABOGAL-PAZ, L. P; OLIVEIRA, R. H; CARRIJO, B. I; PRADO, S, G. Lodos gerados em Estações de Tratamento de Água: Situação no Brasil. In: Encontro Latino Americano de Resíduos Sólidos: São Paulo, 2003.

SANEPAR. Relatório técnico do RIPLA – Rede interinstitucional de pesquisa do lodo de água. 2011.

SANEPAR. Apostila de Treinamento SANEPAR. 2011.

SANEPAR. Relatório de Administração e Demonstrações Contábeis. 2013.

SCALIZE, P.S. (1997). Caracterização e clarificação por sedimentação da água de lavagem de filtros rápidos de estações de tratamento de água que utilizam sulfato de alumínio como coagulante primário. São Carlos. 1997, 220 p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

SCALIZE, P. C. Disposição de resíduos gerados em estações de tratamento de água em estações de tratamento de esgoto. Tese (doutorado). Universidade de São Paulo. São Carlos. 2003.

SILVA, A. P. da; BIDONE, F. R. A.; MARQUES, D. M. L da M. Avaliação da Lixiviação de Alumínio e da Produção de Ácidos Graxos Voláteis em Reatores Anaeróbios Utilizados para Estudar a Disposição Final de Lodos de ETAs em Aterros Sanitários. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, XXVII., 2000, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: AIDIS, 2000. 1 CD-ROM.

SILVA JR., A. P. da; ISAAC, R. de L. Adensamento por Gravidade de Lodo de ETA Gerado em Decantador Convencional e Decantador Laminar. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL, XXVIII, 2002, Cancún – México. Anais... Cancún: AIDIS, 2002. 1 CD-ROM.

SOBRINHHO, P. A. Tratamento de Esgoto e Produção de Lodo. In: Biossólidos na Agricultura. São Paulo: SABESP, 2001.

SOUZA, M. R. Estudo do Lodo Gerado na Estação de Tratamento de Água de Buíque-PE: Caracterização, Quantificação e Identificação de Oportunidades de Minimização dos Resíduos. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão. 2009.

SOUZA, A. P., PEREIRA, R. O., GOMES, M. H. R., SANTOS, A. S. P. Avaliação de custos e alternativas de tratamento e disposição final dos resíduos gerados em estação de tratamento de água. Natal, RN. XII Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Anais, 2014.

SPEECE, R.E. Anaerobic Biotechnology for Industrial Wastewaters. Archae Press, 393p., Estados Unidos. 1996.

TEIXEIRA S.R, P. ALÉSSIO, SANTOS G.T.A, DIAS F.C. Influência da data da coleta do lodo de ETA incorporado em massas cerâmicas nas suas propriedades tecnológicas., Campinas. 48º Congresso Brasileiro e Encontro Anual de Cerâmica. Anais, 2004.

TEIXEIRA, S. R.; SOUZA, S. A. de; SOUZA, N. R. de; ALÉSSIO, P.; SANTOS, G. T. A. **Efeito da adição de lodo de estação de tratamento de água (ETA) nas propriedades de material cerâmico estrutural**. Revista Cerâmica, vol 52, p. 215-220. 2006.

TSUTIYA, M. T.; HIRATA, A. Y. Aproveitamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água do estado de São Paulo. 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. João Pessoa, 2001.

VAN HAANDEL, A. ; GERRIT, M. (1999). O comportamento do sistema de lodo ativado - Teoria e Aplicações para Projetos e Operações, Efgraf, 472p., Campina Grande, PB.

VOGEL, A. I. - Química Analítica Qualitativa, 5ª ed, Gimeno, A. (tradutor), Ed. Mestre Jou, São Paulo, 1981.

Wiecheteck, K. G. Avaliação do uso do lodo de estação de tratamento de água em solo cimento. Relatório final RIPLA. 2011.

WISMER, R. K. - Qualitative Analysis With Ionic Equilibrium, 1ª ed., Macmillan, New York, 1991.

APÊNDICES

APÊNDICE I

QUESTIONÁRIO DA CARACTERIZAÇÃO DO LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO ESTADO DO PARANÁ

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ – SANEPAR
ASSESSORIA DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO – APD
Rua Engenheiros Rebouças, 1376 - Rebouças CEP 80215-900
Curitiba - Paraná Fone (0xx41) 3330-3385

Este projeto tem como objetivo caracterizar os lodos provenientes das Estações de Tratamento de Água pertencentes à SANEPAR com base em análises químicas, físicas e microbiológicas e entrevistas, por meio de formulários, visando determinar quais são as características dos lodos de ETA produzidos no Paraná. Posteriormente as características dos lodos de ETA serão comparadas com a qualidade de água dos mananciais, com a geologia e solo predominante da região. Além de determinar a composição do lodo gerado no estado, a maior quantidade de informações auxiliará a definir as melhores técnicas de tratamento e disposição do mesmo.

Após o preenchimento do formulário, encaminhá-lo em conjunto com as planilhas solicitadas por malote ou por e-mail para: APD / Ronald Gervasoni – ronaldg@sanepar.com.br.

FORMULÁRIO PARA CARACTERIZAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA)

Regional da SANEPAR: _____.

Nome da Estação de Tratamento de Água: _____.

Cidade onde está localizada a ETA: _____.

Qual é a vazão de água que é tratada atualmente? _____ () m³/h () L/s

Atualmente, a ETA está captando uma vazão:

() igual a de projeto () menor que a de projeto () maior que a de projeto

Qual é o processo de operação da ETA?

Coagulação	() Coagulação na calha Parshall () Coagulação com mistura hidráulica () Coagulação com mistura mecânica () outro: _____
Floculação	() Floculação com mistura hidráulica () Floculação com mistura mecânica () outro: _____
Decantação/ Flotação	() Decantação convencional (decantador clássico) () Decantação com placas (decantador de altas taxas) () Flotofiltração () outro: _____
Filtração	() Ascendente () Descendente () outro: _____
Desinfecção	() Desinfecção em linha () Desinfecção em tanque de contato

	() outro: _____
Fluoretação	() Fluoretação em linha () Fluoretação em tanque de contato () outro: _____
Outra etapa?	Especifique: _____

Quais produtos químicos são utilizados no processo?

Auxiliar de coagulação: _____.

Coagulante: _____.

Remoção de algas: _____.

Desinfecção: _____.

Fluoretação: _____.

Polimento da água tratada: _____.

Polímero para condicionamento do lodo: _____.

Outro : _____.

Há algum controle de vazão do lodo produzido? () Não () Sim

Se sim, quanto de lodo é gerado? _____ () ao dia () ao mês () ao ano
() lodo bruto () lodo seco

Antes de ser destinado, o lodo sofre algum tratamento? () Não () Sim.

Se sim, qual equipamento é utilizado para este fim?

() Leito de secagem () Lagoa de secagem

() Centrífuga () Filtro prensa

() Outro. Especifique: _____.

10. É utilizado algum produto químico neste processo? () Não () Sim

Se sim, Qual(is)?

() Polímero aniônico. () Polímero catiônico.

() Outro. Especifique: _____.

11. Qual é a destinação final do lodo gerado?

() Rio () Aterro sanitário

() Co-processamento () Área degradada

() Outro, especifique: _____.

12. Houve chuva nas últimas semanas precedentes à coleta do material? E no momento da coleta?

_____.

13. Qual a idade do material coletado, ou seja, quanto tempo depois de gerado foi feita a coleta?

_____.

Preenchido por (nome do colaborador): _____.

Por favor, anexar a este formulário as planilhas de controle da ETA com dados mensais do período de um ano, contendo:

Dados de qualidade de água bruta, incluindo análises físico-químicas e microbiológicas;

Dados de qualidade de água distribuída, incluindo análises físico-químicas e microbiológicas;

Dados de consumo de produtos químicos, e;

Dados de vazão aduzida, vazão de lodo e/ou vazão de água de lavagem descartada.

APÊNDICE II

Compilação dos dados dos questionários aplicados nas ETAs selecionadas neste estudo:

Regional	ETA	Cidade	Vazão Tratada (l/s)	Vazão de Lodo Produzido (m³/mês)	Captação da vazão	Coagulação	Floculação	Decantação
USIDLD-GGND	Tibagi	Londrina	1100,00	28 kg/h	Menor que a de projeto	Na calha Parshall	Com mistura hidráulica	Com placas
USIDLD	Cafezal	Londrina	720,00	2850	Maior que a de projeto	Na calha Parshall	Com mistura mecânica	Convencional
URUV	União da Vitória	União da Vitória	190,00	8426	Maior que a de projeto	Na calha Parshall	Com mistura hidráulica e mecânica	Com placas
URCM	Rio do Campo	Campo Mourão	185,00	4500	Maior que a de projeto	Na calha Parshall	Com mistura mecânica	Com placas
URCP	ETA 01	Comélio Procópio	150,00	12340	Maior que a de projeto	Com mistura hidráulica	Com mistura hidráulica	Convencional
URTB	Castro	Castro	141,94	7592	Menor que a de projeto	Com mistura hidráulica	Com mistura hidráulica	Com placas
URPV	Paranavaí	Paranavaí	200,00	300	Menor que a de projeto	Com mistura hidráulica	Com mistura mecânica	Com placas
URFB	Capanema	Capanema	69,44	90	Igual a de projeto	Na calha Parshall	Com mistura hidráulica	Com placas
URFB	Marmeiro	Marmeiro	33,33	70	Maior que a de projeto	Com mistura hidráulica	Com mistura mecânica	Com placas
URGA	Guarapuava	Guarapuava	330,00	43000	Maior que a de projeto (310L/s)	Na calha Parshall	Com mistura mecânica	Com placas
URAR	ETA Rolândia	Rolândia	138,89	800	Menor que a de projeto	Na calha Parshall	Com mistura mecânica e hidráulica	Com placas
URAR	Arapongas	Arapongas	238,00	1200	Menor que a de projeto	Na calha Parshall	Com mistura mecânica	Com placas
URSP	Fiorindo Vernier	Santo Antônio da Platina	57,78	290	Maior que a de projeto	Com mistura hidráulica	Com mistura hidráulica	Com placas
URSP	Pedro Kowesk	Jacarezinho	115,83	700	Maior que a de projeto	Na calha Parshall	Com mistura mecânica	Convencional
URUM	Cianorte	Cianorte	118,89	1257	Menor que a de projeto	Na calha Parshall	Com mistura hidráulica e mecânica	Com placas
URUM	Umuarama	Umuarama	281,50	1320	Menor que a de projeto	Na calha Parshall	Com mistura mecânica	Com placas
URFB	Marrecas	Francisco Beltrão	194,44	350	Maior que a de projeto	Com mistura hidráulica	Com mistura mecânica	Com placas
URPB	Rio Pato Branco	Pato Branco	169,44	300 ton/ano	Maior que a de projeto	Com mistura hidráulica	Com mistura mecânica e hidráulica	Com placas
URMA	Pirapó de Maringá	Maringá	1000,00	30	Menor que a de projeto	Com mistura hidráulica	Com mistura mecânica	Com placas
URTO	Toledo	Toledo	115,0	0,1217 kg/m3 água tratada	Igual a de projeto	Na calha Parshall	Com mistura mecânica	Convencional
URTO	Assis Chateaubriand	Assis Chateaubriand	69,6	0,0747 kg/m3 água tratada	Menor que a de projeto	Com mistura hidráulica	Com mistura mecânica	Flocodecantador
URFI	Tamanduá	Foz do Iguaçu	250,0	6,21 ton/mês	Menor que a de projeto	Na calha Parshall	Com mistura mecânica	Com placas
URFI	ETA Rio Alegria	Medianeira	135,0	2.615 kg/mês (*2)	Menor que a de projeto	Na calha Parshall	Com mistura hidráulica	Convencional
URFI	Vila C	Foz do Iguaçu	666,7	15.600 kg (*2)	Menor que a de projeto	Na calha Parshall	Com mistura mecânica	Sem decantador e sem flotação
URAP	Apucarana	Apucarana	265,0	30	Maior que a de projeto	Na calha Parshall	Com mistura mecânica	Com placas
URAP	Ivaiporã	Ivaiporã	91,7	9	Maior que a de projeto	Na calha Parshall	Com mistura mecânica	Convencional
URTB	Rio Tibagi	Telêmaco Borba	200,0	14580	Menor que a de projeto	Na calha Parshall	Com mistura hidráulica	Convencional e com placas
URPG	Pitangui	Ponta Grossa	400,0	15,5% da vazão	Igual a de projeto	Na calha Parshall	Com mistura hidráulica	Convencional
URPG	Actiflow	Ponta Grossa	500,0		Menor que a de projeto	Na calha Parshall	Com mistura mecânica	Com placas
URCA	ETA 1 Parque São Paulo	Cascavel	450,0	739	Igual a de projeto	Na calha Parshall	Com mistura mecânica	Com placas
URCA	ETA 3 Rio da Paz	Cascavel	180,0	288	Menor que a de projeto	Na calha Parshall	Com mistura mecânica	Com placas
USPD	ETA INDUSTRIAL	ARAUCÁRIA	130,0	100	Menor que a de projeto	Com mistura hidráulica	Com mistura Mecânica	Com placas
USPD	ETA ITAQUI	CAMPO LARGO	85,0	2419	Maior que a de projeto	Na calha Parshall	Com mistura mecânica	Com placas
USPD	ETA IGUAÇU	CURITIBA	3300,0	1800	Maior que a de projeto	Com mistura hidráulica	Com mistura hidráulica	Convencional e com placas
USPD	ETA IRAÍ	PINHAIS	2480,0	250	Menor que a de projeto	Com mistura mecânica e hidráulica	Com mistura hidráulica	Flotofiltro
USPD	ETA PASSAÚNA	CURITIBA	1750,0	270	Menor que a de projeto	Com mistura hidráulica	Com mistura hidráulica	Com placas
USPD	ETA DESPIQUE	FAZENDA RIO GRANDE	142,0	4188	Menor que a de projeto	Com mistura hidráulica	Com mistura hidráulica	Convencional e decantação Compacta
USPD	ETA MIRINGUAVA	SÃO JOSÉ DOS PINHAIS	750,0	250	Menor que a de projeto	Com mistura hidráulica	Com mistura hidráulica	Com placas
USPD	ETA RIO PEQUENO	SÃO JOSÉ DOS PINHAIS	180,0	20	Menor que a de projeto	Com mistura hidráulica e mecânica	Com mistura hidráulica	Flotofiltro
USPD	ETA LAPA	LAPA	23,9	866	Menor que a de projeto	Na calha Parshall	Com mistura mecânica	Convencional
URLI	ETA Morro Grande	Guaratuba	110,0	77.076kg/ano	Menor que a de projeto	Com mistura hidráulica	Com mistura hidráulica	Filtro Russo
URLI	ETA Saí Guaçu	Guaratuba	200,0	168.212kg/ano	Menor que a de projeto	Com mistura hidráulica e mecânica	Com mistura mecânica	Com placas
URLI	ETA Matinhos	Matinhos	170,0	118.612kg/ano	Maior	Calha Parshall	Com mistura hidráulica	Não possui decantador
URLI	ETA Praia de Leste	Pontal do Paraná	450,0	212.436 kg/ano	Menor que a de projeto	Com mistura hidráulica e mecânica	Com mistura mecânica	Com placas

Regional	Filtração	Desinfecção	Fluoretação	Outra etapa?	PQ Auxiliar de coag.	PQ coagulante	PQ Remoção de algas	PQ desinfecção	PQ fluoretação
USIDL-GGND	Descendente	Em tanque de contato	Coluna Saturadora	Não	Não	PAC	Cloro e Carvão ativado umectado	Cloro Gasoso	Fluorsilicato de sódio (CG08)
USIDL	Descendente	Em tanque de contato	Em tanque de contato	Não	Não	Cloreto férrico	Não	Cloro	(não informado)
URUV	Descendente	Em tanque de contato	Em tanque de contato	Pré-desinfecção	Não	PAC	Não	Dióxido de Cloro (pré-desinfecção)	Fluorsilicato de sódio (CG08)
URCM	Descendente	Em tanque de contato	Em tanque de contato	Não	Hidróxido de Cálcio (geocalcio)	PAC	Não	Cloro líquido	Fluorsilicato de sódio (CG08)
URCP	Descendente	Em tanque de contato	Em tanque de contato	Não	Não	PAC	Não	Cloro Gasoso	Fluorsilicato de sódio (CG08)
URTB	Descendente	Em tanque de contato	Em tanque de contato	Não	Não	PAC	Não	Cloro Gasoso	Fluorsilicato de sódio 60%
URPV	Descendente	Em linha	Em linha	Aplicação de ortopolifosfato	Cal hidratada	PAC	Não	Hipoclorito de sódio (Hidrogenox)	Fluorsilicato de sódio (CG08)
URFB	Descendente	Em tanque de contato	Em tanque de contato	Não	Não	PAC	Não	Cloro Gasoso	Fluorsilicato de sódio (CG08)
URFB	Descendente	Em tanque de contato	Em tanque de contato	Não	Não	PAC	Não	Cloro Gasoso	Fluorsilicato de sódio (CG08)
URGA	Descendente	Em tanque de contato	Em tanque de contato	Não	Não	pAC	Não	Cloro Gasoso	Fluorsilicato de sódio (CG08)
URAR	Descendente	Em tanque de contato	Em tanque de contato	Não	Barriha	PAC	Não	Cloro	Fluorsilicato de sódio (CG08)
URAR	Descendente	Não informado	Em linha	Não	Barriha	PAC	Não	Cloro	Fluor/ Fluorsilicato de sódio
URSP	Descendente	Em tanque de contato	Em tanque de contato	Não	Não	PAC	Não	Gás cloro	Fluorsilicato de sódio (CG08)
URSP	Descendente	Em tanque de contato	Em tanque de contato	Não	Não	PAC	Não	Gás cloro	Fluorsilicato de sódio (CG08)
URUM	Descendente	Em tanque de contato	Em tanque de contato	Não	Hidróxido de Cálcio (geocalcio)	PAC	Não	Cloro liquefeito	Fluorsilicato de sódio (CG08)
URUM	Descendente	Em tanque de contato	Em tanque de contato	Não	Não	PAC	Não	Gás cloro	Fluorsilicato de sódio (CG08)
URFB	Descendente	Em tanque de contato	Em tanque de contato	Não	Não	PAC	Não	Gás cloro	Fluorsilicato de sódio (CG08)
URPB	Descendente	Em linha	Em linha	Não	Polímero catiônico médio-fraco	PAC	Não	Gás cloro	Fluorsilicato de sódio (CG08)
URMA	Descendente	Em tanque de contato	Em tanque de contato	Não	Não	PAC	Pré-cloração	Gás cloro	Ácido Fluorsilícico
URTO	Descendente	Em linha	Em linha	Não	Cal hidratada	Sulfato de Alumínio líquido	Não	Gás cloro	Fluorsilicato de sódio (CG08)
URTO	Descendente	Em tanque de contato	Em tanque de contato	Não	Não	PAC	Não	Gás cloro	Fluorsilicato de sódio (CG08)
URFI	Descendente	Em tanque de contato	Em tanque de contato	Não	Cal hidratada	PAC	Não	Gás cloro	Fluorsilicato de sódio (CG08)
URFI	Descendente	Em tanque de contato	Em tanque de contato	Não	Barriha	Sulfato de Alumínio	Não	Gás cloro	Fluorsilicato de sódio (CG08)
URFI	Descendente	Em tanque de contato	Em tanque de contato	Não	Não	Sulfato de Alumínio	Não	Gás cloro	ácido Fluorsilícico
URAP	Descendente	Em tanque de contato	Em tanque de contato	Não	Barriha (raro)	PAC	Não	Gás cloro	ácido Fluorsilícico
URAP	Descendente	Em tanque de contato	Em tanque de contato	Não	Barriha	PAC	Não	Gás cloro	Fluorsilicato de sódio (CG08)
URTB	Descendente	Em tanque de contato	Em tanque de contato	Não	Não	PAC	Não	Hipoclorito de sódio (Hidrogenox)	Fluorsilicato de sódio (CG08)
URPG	Descendente	Em tanque de contato	Em tanque de contato	Não	Polímero catiônico médio	Sulfato de Alumínio	Cloro e Carvão ativado umectado	Gás cloro	ácido Fluorsilícico
URPG	Ascendente	Em tanque de contato	Em tanque de contato	Não	Polímero catiônico fraco	Sulfato de Alumínio	Cloro e Carvão ativado umectado	Gás cloro	ácido Fluorsilícico
URCA	Descendente	Em tanque de contato	Em tanque de contato	Não	Não	PAC	Não	Gás cloro	ácido Fluorsilícico
URCA	Descendente	Em tanque de contato	Em tanque de contato	Não	Não	PAC	Não	Gás cloro	ácido Fluorsilícico
USPD	Descendente	Em Linha	Não é utilizada	Soda Caustica	Não	Policloreto de Alumínio	Não	Dióxido de Cloro	Não
USPD	Descendente	Em tanque de contato	Em tanque de contato	Não	Polímero catiônico médio-fraco	PAC	Não	Gás cloro	Fluorsilicato de sódio (CG08)
USPD	Descendente	Em tanque de contato	Em tanque de contato	Correção de pH	Não	Sulfato de Alumínio	Não	Gás cloro	ácido Fluorsilícico
USPD	Descendente	Em tanque de contato	Em tanque de contato	Correção de pH	Polímero aniônico	Sulfato de Alumínio	Não	Gás cloro	ácido Fluorsilícico
USPD	Descendente	Em tanque de contato	Em tanque de contato	Não	Não	PAC	Não	Gás cloro	ácido Fluorsilícico
USPD	Descendente	Em Linha	Em linha	Auxiliar na Floculação e correção de pH em linha	Polímero médio-fraco catiônico	Sulfato de Alumínio	Não	Gás cloro	Fluorsilicato de sódio
USPD	Descendente	Em tanque de contato	Em tanque de contato	Correção de pH	Não	PAC	Não	Gás cloro	ácido Fluorsilícico
USPD	Descendente	Em tanque de contato	Em tanque de contato	Correção de pH	Não	PAC	Não	Gás cloro	ácido Fluorsilícico
USPD	Descendente	Em tanque de contato	Em tanque de contato	Não	Não	Policloreto de Alumínio	Não	Gás Cloro	Fluorsilicato de Sódio
URLI	Ascendente	Em tanque de contato	Em tanque de contato	Não	Não	Sulfato de Alumínio	Não	Cloro Gasoso/900kg	Fluorissicato de Sódio
URLI	Descendente	Em tanque de contato	Em tanque de contato	Não	Não	Policloreto de Alumínio	Não	Cloro Gasoso/900kg	Ácido Fluossilícico
URLI	Descendente	Em tanque de contato	Em tanque de contato	Não	Não	Policloreto de Alumínio	Não	Cloro Gasoso/68kg	Fluossicato de Sódio
URLI	Descendente	Em tanque de contato	Em tanque de contato	Não	Não	Policloreto de Alumínio	Não	Cloro Gasoso/900kg	Ácido Fluossilícico

Regional	PQ polimento da água tratada	Polímero para lodo	Outro PQ	Controle de vazão de lodo	Tratamento do lodo	PQ no tratamento de lodo	Chuva na coleta	Idade do material
USIDL-GGND	Não	Não	Ca(OH) ₂ – correção pH	Não	Não	Não	Antes sim	7 dias
USIDL	Não	Não	Não	Não	Não	Não	(não informado)	27 dias
URUV	Não	Não	Cal Hidratada para pré e pós	Não	Não	Não	Só 48 hrs antes	22 dias
URCM	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	1 dia
URCP	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Chuva nas ultimas semanas	42 dias
URTB	Não	Não	Ortopolifosfato; Polímero floculação A110	Não	Não	Não	Antes sim, no momento não	1 hora
URPV	Não	Não	Ortopolifosfato	Não	Não	Não	Não	Aprox 20 dias
URFB	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Aprox 36 hrs
URFB	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Aprox 36 hrs
URGA	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	15 dias
URAR	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	30 dias
URAR	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	30 dias
URSP	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Antes sim	Diário
URSP	Não	Polímero anionico	Não	Não	Centrifuga/Lagoa Emergencial	Polímero aniônico	Antes sim	15 dias
URUM	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	11 dias
URUM	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	34 dias
URFB	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Aprox 96 hrs
URPB	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	30 dias
URMA	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Chuva forte um dia antes	7 dias
URTO	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Antes sim	60 dias
URTO	Não	Não	Ortopolifosfato	Não	Não	Não	Antes sim	10 dias
URFI	Não	Polímero anionico	Cal hidratada pra pH	Sim	Centrifuga	Polímero aniônico	Antes sim	8 dias
URFI	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não informado
URFI	Não	Não	Cal hidratada pra pH	Sim	Não	Não	(não foi coletado)	Não informado
URAP	Não	Polímero anionico	Não	Sim	Centrifuga	Polímero aniônico	Não	6 horas
URAP	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Antes sim	15 dias
URTB	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Uma semana antes sim	Coletado no momento da descarga
URPG	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	4 dias
URPG	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Imediato
URCA	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Pouca chuva antes.	Não informado
URCA	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Pouca chuva antes.	3 semanas
USPD	Não	Polímero Catiônico	Soda Caustica para controle de pH	Sim	Centrifuga	Polímero Catiônico	(não informado)	Não informado
USPD	Não	Não	Ortopolifosfato e cal hidratada (pH)	Não	Não	Não	(não informado)	Não informado
USPD	Não	Não	Cal	Sim	Não	Não	Chuva antes	Não informado
USPD	ortopolifosfato	Polímero cationico	Geocalcio	sim	Centrifuga	Polímero cationico	Chuva antes	Não informado
USPD	Não	Polímero catiônico	Não	Sim	Adensador+Centrifuga	Polímero catiônico	Chuva antes	Não informado
USPD	Soda Cáustica	Não	Não	Não	Não	Não	(não informado)	Não informado
USPD	Ortopolifosfato	Polímero catiônico	Geocalcio	Sim	Adensador+Centrifuga	Polímero catiônico	Chuva antes	Não informado
USPD	Não	Polímero catiônico	Geocalcio	Sim	Prensa Desaguadora	Polímero catiônico	Chuva antes	Não informado
USPD	Não	Não	Orto Polifosfato	Não	Não	Não	SIM	30 h
URLI	Não	Não	Não	Sim	Não	Não	Não informado	Não informado
URLI	Não	Não	Não	Sim	Não	Não	Não informado	Não informado
URLI	Não	Não	Não	Sim	Não	Não	Não informado	Não informado
URLI	Não	Não	Não	Sim	Não	Não	Não informado	Não informado

APÊNDICE III

Resultado da análise de metais do período seco.

ETA	As (mg/l)			Ba (mg/l)			Cd (mg/l)			Pb (mg/l)			Cu (mg/l)			Cr total (mg/l)			Hg (mg/l)			Mo (mg/l)			Ni (mg/l)			Se (mg/l)			Zn (mg/l)			Al (mg/l)			Fe (mg/l)								
Amostragem / Sistemas	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3									
Alagados	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	4380	8649	3530	46570	35454	33205				
Arapongas	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	5	2,7	3,3	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	2	2	2	3895	6749	7174	16427	10053	12253						
Assis Chateaubriand	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	<1,0	<1,0	<1,0	2,1	2	2	29,4	37	25,3	<1,0	<1,0	<1,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	5,2	6	5,3	10,0	10,0	10,0	33	35	37,5	11534	2905	11405	11105	11969	12668						
Cafezal	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	2	1,38	3	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	1	3,2	1,8	3559	6299	1089	117	179	173						
Campo Mourão	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	1,2	2	1,8	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	16890	14020	4156	315	114	254		
Capanema	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	<1,0	<1,0	<1,0	10,0	10,0	10,0	<1,0	<1,0	<1,0	5056	7383	3979	3446	3418	3112						
Castro	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	<1,0	<1,0	<1,0	10,0	10,0	10,0	<1,0	<1,0	<1,0	14267	11141	14235	6218	8825	3747						
Cianorte	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	2	1,7	1,85	<1,0	<1,0	<1,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	<1,0	<1,0	<1,0	10,0	10,0	10,0	1,2	1,4	1,2	14866	14425	15238	3698	3802	3539						
Cornélio Procopio	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	5	5,2	6	<1,0	<1,0	<1,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	<1,0	<1,0	<1,0	10,0	10,0	10,0	32	30,5	27,7	1928	1339	1650	30941	32245	35367						
Despique	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<0,1	<0,1	<0,1	<1,0	<1,0	<1,0	<0,5	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	2,7	3,2	2	<1,0	<1,0	<1,0	5	6	5	133	90	115	40800	33622	57870						
ETA 1 Parque São Paulo	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	2	3,35	2,21	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	3	2,6	5,2	767	317	509	2911	2861	2684						
Francisco Beltrão	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	<1,0	<1,0	<1,0	10,0	10,0	10,0	<1,0	<1,0	<1,0	802	1314	851	2103	1705	2225						
Guarapuava	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	10889	10719	14592	34539	30205	32235		
Iguaçu	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<0,1	<0,1	<0,1	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	1381	1555	830	978	976	1420	
Ind. Araucária	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<0,1	<0,1	<0,1	<1,0	<1,0	<1,0	<0,5	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<0,5	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	2632	2687	2900	10467	10288	10295
Iraí	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<0,1	<0,1	<0,1	<1,0	<1,0	<1,0	<0,5	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	1,55	1,75	2	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	4803	4907	4190	358	482	236	
Itaqui	<1,0	<1,0	<1,0	7,12	6	8,12	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<0,5	<0,5	<0,5	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	5	6,2	4,3	4219	3648	3265	3099	3346	3720						
Ivaiporã	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	3	3	3	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	4	4	4	6936	4834	6723	272	181	118						
Jacarezinho	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	<1,0	<1,0	<1,0	10,0	10,0	10,0	7,2	6,8	8,1	12560	10018	16093	1518	1836	1272						
Lapa	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	<1,0	<1,0	<1,0	10,0	10,0	10,0	5	8	3,2	3902	1867	1707	10159	9091	11733						
Maringá	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	2,8	1,8	2,7	<5,0	<5,0	<5,0	<10,0	<10,0	<10,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	2	2,2	3,8	4081	3852	4697	26119	25018	22378						

Marmeleiro	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	764	770	756	32596	27175	29533																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Matinhos	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<10,0	<10,0	<10,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	1,9	2,3	1,2	3750	5334	6071	1157	1636	1363																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Medianeira	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	7	8,2	7,7	9583	12679	15427	2230	2064	1739																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Miringuava	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	5143	6693	5995	5496	4153	6479																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Morro Grande	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<10,0	<10,0	<10,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	775	715	747	9625	8016	8594																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Paranavaí	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	4667	4192	4446	1004	1214	1226																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Passaúna	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	14959	15282	15584	25572	22179	28634																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Pato Branco	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	3	3	3	7174	8376	6725	1905	1100	1083																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Pitangui	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	6871	6879	7243	2951	3361	2898																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Praia de Leste	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<10,0	<10,0	<10,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	1316	989	1259	2630	3095	2897																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Rio da Paz	<1,0	<1,0	<1,0	23	17	26,5	<1,0	<1,0	<1,0	3	2,7	3,1	11	8	9	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

Resultado da análise de metais do período chuvoso.

ETA	As (mg/l)			Ba (mg/l)			Cd (mg/l)			Pb (mg/l)			Cu (mg/l)			Cr total (mg/l)			Hg (mg/l)			Mo (mg/l)			Ni (mg/l)			Se (mg/l)			Zn (mg/l)			Al (mg/l)			Fe (mg/l)			
Amostragem / Sistemas	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Alagados	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	53	55	50	12,54	8	5	
Arapongas	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	6,2 9	5	2,3 3	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	2,9 5	2,2	2	490	562	500	2411,9	2500	2390	
Assis Chateaubriand	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	4,5 5	2,5	2,8 8	33,8	30	27,8	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	7,2	6,2	6,3	<10,0	<10,0	<10,0	21,5	23	17,5	1724,14	1521	1920	36056,2	35612	33500	
Cafezal	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	3,5 4	3	3	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	1,4 9	1	2	39	45	40	2186,1	1875	1750	
Campo Mourão	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	1,4 9	1,0 5	2,0 6	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	670	500	600	1118,1	1130	987,3
Capanema	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	1,0 7	1,0 5	1	1000	1000	1000	1447,7	1125	1250	
Castro	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	3	3	3	236,5	255	212	
Cianorte	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	2,8 3	2,2 3	1,9 5	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	4,2 4	4	3,2 5	690	700	785	205,3	212	200	
Cornélio Procopio	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	8,4 8	8,0 2	7,1 2	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	24,7	26,2	22	5363,6	4221	4789	6920,7	7112	7215	
Despique	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<0,1	<0,1	<0,1	<1,0	<1,0	<1,0	<0,5	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	4,9 6	4	3	<1,0	<1,0	<1,0	4,1 5	4	4	957,4	1125	1211	3877,7	3575	3456	
ETA 1 Parque São Paulo	<1,0	<1,0	<1,0	5,3	5,5	6,2	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	3,9 1	4,5 5	5,1 1	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	5,0 3	5	6	5,5	4,5	8	1468,9	1410	1250	
Francisco Beltrão	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	640	710	520	530	550	420	
Guarapuava	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	150	150	150	46,6	45	40
Iguaçu	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<0,1	<0,1	<0,1	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	0,8 02	0,9	0,7 7	7,5	7,5	7,5	816,5	770	740	
Ind. Araucária	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<0,1	<0,1	<0,1	<1,0	<1,0	<1,0	<0,5	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<0,5	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<1,0	0,9 2	0,7 7	0,8 7	68	75	77	58	55	50	
Iraí	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<0,1	<0,1	<0,1	<1,0	<1,0	<1,0	<0,5	<0,5	<0,5	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	3,4 5	1,7 5	2	<1,0	<1,0	<1,0	1,7 5	1,7	2	105	85	100	1793,5	1847	1950	
Itaqui	<1,0	<1,0	<1,0	8,4 9	6,1 7	5,7 4	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	0,9 3	0,9 5	0,6 5	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	5,2 8	5,1 5	5,6 5	575	400	600	2356,9	2519	2745	
Ivaiporã	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	3,1 6	3,0 3	3,1	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	4,2 9	4	4,3 3	260	300	250	3290,1	4888	5210,5	
Jacarezinho	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	6,4 9	7	6,0 7	15799,7	12732	13238,6	3008,6	2973	2790,8	
Lapa	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	5,2 1	5,7	5	280	412	363	2065,3	2005	1765		
Maringá	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	3,1	2,9	3,1	<5,0	<5,0	<5,0	<10,0	<10,0	<10,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	1,7 3	2	1,8	20	20	20	1923,9	1945	2128,3	
Marmeleiro	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	740	750	890	189,9	217	220	

Matinhos	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<10,0	<10,0	<10,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	1,49	1,53	1,2	102,5	100	55	825,8	898	900	
Medianeira	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<4,81	<4,51	4	180	170	140	1019,4	1125	1703		
Miringuava	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	53	50	83	23,7	29,5	32		
Morro Grande	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<10,0	<10,0	<10,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	2,5	2,5	<1,0	9,13	11	13,5	
Paranavai	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	4,94	2,8	7,1	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	2,7	2,6	3,1	250	250	215	1795,9	1988	2189,5	
Passaúna	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	11	12	10	36,4	57,5	65	
Pato Branco	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	2,87	2,01	1,85	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	3	3	3	475	400	275	1618,3	1715	1941	
Pitangui	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	305	375	420	324,7	222	125
Praia de Leste	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<10,0	<10,0	<10,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	2,7	5	1,5	<1,0	7	11	
Rio da Paz	<1,0	<1,0	<1,0	28,3	25	33,2	<1,0	<1,0	<1,0	3,35	2,7	3,67	13,9	9,71	11	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	5,67	4,23	3,2	20,5	22	12	6353,8	4785	3410	
Rio Pequeno	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	0,1	0,1	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	0,459	0,37	1	215	202	242	633,2	600	531		
Rolândia	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	1,06	0,89	0,52	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	300	300	300	777,7	857	920	
Saiguaçu	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<10,0	<10,0	<10,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	37,5	35	55	7,84	6,12	5		
Santo Antônio da Platina	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	15,9	14,7	17	677,7	657	698	11310,7	1524	1725	
Tamanduá	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Telêmaco Borba	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	20	20	22	40,7	22,3	15		
Tibagi	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	0,1	0,1	0,1	<1,0	<1,0	<1,0	8,14	7	6,22	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	1,94	2,1	3,2	<1,0	<1,0	<1,0	9,53	9	8,52	695	550	720	5535,7	5987	4930,7		
Toledo	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	4,14	1,22	2,11	20,4	11,7	18,7	10,3	7,2	<5,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	9,48	8,5	7,3	4519,2	4320	4156,5	8907,5	12547	11202	
Umuarama	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	1,93	1	1,2	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	4,06	3,77	3	720	700	813	1054,6	1330	1512		
União da Vitória	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	5,57	5	4,3	<10,0	<10,0	<10,0	8,61	8,5	7	4082,45	3825	3989	5057	4870	6000		
Vila C	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<5,0	<5,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Vila Regina – Apucarana	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	56,8	50	49,6	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<1,0	<1,0	<1,0	<10,0	<10,0	<10,0	36,6	33	35,2	21525,3	22570	22720,3	29146,2	25455	27732,4		

Resultado da análise físico-químico do período seco.

ETA	pH			DQO (mg/l de O ₂)			DBO (mg/l de O ₂)			Sólidos sedimentáveis (ml/l/h)			Sólidos totais (%)			Sólidos fixos (%)			Sólidos voláteis (%)		
Alagados	6,67	6,56	6,70	162	365	288	7	10	8	800	800	800	0,78	0,65	0,78	0,48	0,40	0,48	0,30	0,25	0,30
Arapongas	6,88	6,45	6,65	766	1027	485	22	29	14	745	680	650	6,00	6,30	5,70	4,00	4,20	3,80	2,00	2,10	1,90
Assis Chateaubriand	7,01	7,00	7,01	3136	4902	3383	118	138	95	1000	1000	1000	1,50	1,35	1,05	1,00	0,90	0,70	0,50	0,45	0,35
Cafezal	6,41	6,32	6,52	24459	21340	29511	687	599	829	700	700	700	3,36	3,66	3,15	2,24	2,44	2,10	1,12	1,22	1,05
Campo Mourão	7,30	7,32	7,27	40091	36059	55347	1126	1013	1555	850	770	800	0,92	1,12	1,04	0,59	0,72	0,67	0,33	0,40	0,37
Capanema	7,20	7,10	7,30	7847	9260	8169	220	260	229	1000	1000	1000	1,26	1,23	1,18	0,81	0,79	0,76	0,45	0,44	0,42
Castro	6,22	6,44	6,43	4151	6281	4442	117	176	125	125	220	100	0,14	0,20	0,23	0,09	0,13	0,15	0,05	0,07	0,08
Cianorte	7,12	7,22	7,19	2640	2394	2305	91	97	95	780	690	1000	0,31	0,34	0,42	0,20	0,22	0,27	0,11	0,12	0,15
Cornélio Procópio	6,89	6,78	6,95	13784	18663	16677	387	524	468	1000	900	800	6,22	7,84	5,57	4,00	5,04	3,58	2,22	2,80	1,99
Despique	6,00	5,80	6,10	849	1011	661	240	280	290	700	750	700	2,94	3,11	3,19	1,89	2,00	2,05	1,05	1,11	1,14
ETA 1 Parque São Paulo	7,16	7,26	7,18	10107	12093	13680	284	340	384	800	900	850	2,80	2,83	2,80	1,80	1,82	1,80	1,00	1,01	1,00
Francisco Beltrão	7,12	7,10	7,15	947	1093	756	27	31	21	750	600	550	1,32	1,23	1,04	0,85	0,79	0,67	0,47	0,44	0,37
Guarapuava	6,00	6,20	6,30	2075	2048	2499	58	58	70	200	190	220	0,13	0,14	0,15	0,08	0,09	0,09	0,05	0,05	0,05
Iguaçu	6,70	6,78	6,77	363	320	254	27	33	41	500	600	600	1,40	1,68	1,48	0,90	1,08	0,95	0,50	0,60	0,53
Ind. Araucária	5,78	5,88	5,97	34152	38279	35457	1959	1975	1996	750	700	650	0,31	0,36	0,56	0,20	0,23	0,36	0,11	0,13	0,20
Iraí	6,60	6,67	6,70	110	252	120	33	27	43	1000	1000	1000	5,60	6,16	6,72	3,60	3,96	4,32	2,00	2,20	2,40
Itaqui	7,06	7,03	7,10	451	438	457	13	12	13	700	800	700	2,52	2,24	2,10	1,62	1,44	1,35	0,90	0,80	0,75
Ivaiporã	7,19	7,15	7,11	7732	7687	7397	200	215	211	900	900	800	1,56	1,77	1,82	0,96	1,09	1,12	0,60	0,68	0,70
Jacarezinho	7,00	7,00	7,00	1433	1694	1112	40	48	31	1000	1000	1000	2,96	3,72	3,35	1,82	2,29	2,06	1,14	1,43	1,29
Lapa	6,26	6,80	6,45	2904	1759	1784	150	109	115	800	800	800	2,24	1,90	2,73	1,38	1,17	1,68	0,86	0,73	1,05
Maringá	7,13	7,20	7,10	435	729	817	27	22	32	700	800	750	1,82	1,72	1,92	1,12	1,06	1,18	0,70	0,66	0,74
Marmeleiro	7,00	7,20	6,97	4181	4893	4404	119	137	122	700	800	700	0,86	0,57	1,59	0,53	0,35	0,98	0,33	0,22	0,61
Matinhos	6,66	6,65	6,47	3661	3350	3907	314	295	310	1000	1000	1000	2,00	2,16	1,40	1,23	1,33	0,86	0,77	0,83	0,54
Medianeira	5,99	5,58	5,67	2106	2379	2378	159	167	177	600	600	600	4,24	3,69	3,17	2,61	2,27	1,95	1,63	1,42	1,22
Miringuava	6,90	6,99	6,87	13559	12537	14245	481	452	440	500	500	550	0,13	0,18	0,13	0,08	0,11	0,08	0,05	0,07	0,05
Morro Grande	6,00	6,22	6,13	26626	27576	29943	1048	1075	1041	35	50	45	0,09	0,14	0,08	0,05	0,08	0,05	0,03	0,05	0,03
Paranavai	6,58	6,65	6,70	8330	7466	6010	234	210	169	800	800	700	1,01	0,78	1,85	0,62	0,48	1,14	0,39	0,30	0,71
Passaúna	7,00	7,07	7,11	8805	6819	7781	307	292	319	400	400	400	0,13	0,05	0,18	0,08	0,03	0,11	0,05	0,02	0,07
Pato Branco	7,25	7,55	7,50	10455	9513	10349	304	277	301	650	600	700	2,96	3,12	3,46	1,82	1,92	2,13	1,14	1,20	1,33
Pitangui	6,80	6,80	6,80	3141	3637	3772	88	102	106	800	800	900	1,04	1,04	1,04	0,64	0,64	0,64	0,40	0,40	0,40
Praia de Leste	6,33	6,30	6,31	34720	31015	30028	1075	1071	1043	150	170	120	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Rio da Paz	7,00	7,20	7,12	27120	22905	22267	662	643	625	400	450	430	9,67	10,14	10,79	5,95	6,24	6,64	3,72	3,90	4,15
Rio Pequeno	6,45	6,33	6,27	7761	7817	7241	318	320	303	800	800	800	0,72	0,89	1,01	0,42	0,52	0,59	0,30	0,37	0,42
Rolândia	6,90	6,87	6,88	5653	6250	6421	159	176	180	450	500	400	0,24	0,50	0,79	0,14	0,29	0,46	0,10	0,21	0,33
Saiguaçu	6,25	6,25	6,26	9217	9641	9925	259	271	279	700	800	700	0,12	0,16	0,24	0,07	0,09	0,14	0,05	0,07	0,10
Santo Antônio da Platina	7,00	7,05	7,08	11409	11152	11211	310	313	315	1000	1000	1000	5,78	7,20	6,70	3,37	4,20	3,91	2,41	3,00	2,79
Tamanduá	6,87	6,78	6,85	19274	16140	21337	441	453	449	300	250	300	2,95	3,41	4,82	1,72	1,99	2,81	1,23	1,42	2,01
Telêmaco Borba	7,00	6,98	7,01	40745	36431	31074	1145	1023	1073	500	500	500	0,41	0,98	0,86	0,24	0,57	0,50	0,17	0,41	0,36
Tibagi	6,33	6,35	6,38	37925	28350	34159	1065	796	960	570	600	630	3,05	8,57	5,38	1,78	5,00	3,14	1,27	3,57	2,24
Toledo	8,20	8,40	8,27	29209	26702	28874	820	750	811	500	440	500	12,55	13,70	13,44	7,32	7,99	7,84	5,23	5,71	5,60
Umuarama	7,10	7,25	7,20	20559	24669	30448	578	693	612	300	300	300	3,00	2,98	2,95	1,75	1,74	1,72	1,25	1,24	1,23
União da Vitória	6,89	6,85	6,77	14330	14259	15503	403	401	435	120	80	90	5,31	6,39	4,44	3,54	4,26	2,96	1,77	2,13	1,48
Vila C	6,70	6,65	6,79	4739	4322	4675	133	121	131	80	100	75	1,50	2,61	3,42	1,00	1,74	2,28	0,50	0,87	1,14
Vila Regina	7,50	7,65	7,57	22056	23167	19056	620	651	535	460	380	400	11,16	11,40	9,75	7,44	7,60	6,50	3,72	3,80	3,25

Resultado da análise físico-químico do período chuvoso.

ETA	pH			DQO (mg/l de O ₂)			DBO (mg/l de O ₂)			Sólidos sedimentáveis (ml/l/h)			Sólidos totais (%)			Sólidos fixos (%)			Sólidos voláteis (%)		
Alagados	6,77	6,87	6,72	295	301	288	26	25	29	80	96	100	0,08	0,07	0,08	0,05	0,05	0,05	0,03	0,02	0,03
Arapongas	6,95	6,55	6,88	8946	9136	8843	80	77	90	800	960	700	8,01	8,42	9,58	6,52	6,20	7,84	1,49	2,22	1,74
Assis Chateaubriand	7,01	7,01	7,00	8460	8639	8561	112	100	127	1000	1000	1000	11,71	9,22	14,02	9,70	9,00	11,66	2,01	0,22	2,35
Cafezal	6,35	6,30	6,45	926	946	913	160	158	181	930	1116	1000	4,00	4,29	4,79	3,47	3,04	4,17	0,53	1,25	0,62
Campo Mourão	7,38	7,30	7,41	18172	18558	18177	60	61	68	850	1000	800	1,64	1,76	1,96	1,38	1,35	1,66	0,26	0,41	0,30
Capanema	7,60	7,70	7,63	4363	4456	4250	150	146	170	1000	1000	750	2,35	2,10	2,81	1,84	1,96	2,21	0,51	0,14	0,60
Castro	6,41	6,25	6,43	758	774	767	28	27	32	600	720	550	0,22	0,17	0,26	0,15	0,15	0,18	0,07	0,02	0,08
Cianorte	7,51	7,41	7,53	3862	3944	3772	40	39	45	400	480	400	1,67	1,32	1,81	1,26	1,20	1,33	0,41	0,12	0,48
Cornélio Procopio	7,35	7,30	7,37	8650	8834	8703	50	48	57	1000	1000	850	9,47	9,73	9,94	7,90	8,90	8,10	1,57	0,83	1,84
Despique	6,02	6,12	6,04	6484	6622	6571	150	146	170	950	1000	850	3,70	2,69	4,18	2,68	2,60	2,99	1,02	0,09	1,19
ETA 1 Parque São Paulo	7,36	7,46	7,38	4779	4880	4788	260	254	294	830	996	950	5,57	5,49	5,87	4,61	4,25	4,75	0,96	1,24	1,12
Francisco Beltrão	7,13	7,30	7,15	2721	2779	2295	50	48	57	750	900	1000	1,62	1,82	1,74	1,18	1,11	1,23	0,44	0,71	0,51
Guarapuava	6,42	6,40	6,44	223	228	245	17	22	19	280	336	375	0,15	0,10	0,17	0,10	0,09	0,11	0,05	0,01	0,05
Iguaçu	6,66	6,25	6,68	5122	5231	5097	450	430	509	520	624	600	1,48	0,98	1,62	0,94	0,88	0,99	0,54	0,10	0,63
Ind. Araucária	6,87	6,80	6,89	1255	1282	1203	250	233	283	750	900	650	0,64	0,75	0,73	0,47	0,45	0,53	0,17	0,30	0,20
Iraí	6,58	6,50	6,60	51176	52262	51192	900	881	1017	1000	1000	800	3,97	4,03	4,29	2,48	3,48	2,55	1,49	0,55	1,74
Itaqui	7,36	7,23	7,38	4262	4352	4064	200	195	226	750	900	700	6,28	6,89	7,15	5,30	5,00	6,00	0,98	1,89	1,15

Ivaiporã	7,49	7,45	7,51	6545	6684	6241	45	54	51	900	1000	800	3,34	4,17	4,00	2,69	3,09	3,23	0,65	1,08	0,76
Jacarezinho	7,14	7,10	7,16	3126	3192	2981	64	63	72	1000	1000	1000	6,36	9,72	7,61	5,17	7,29	6,22	1,19	2,43	1,39
Lapa	6,86	6,81	6,88	13400	13684	12777	50	51	57	950	1000	900	7,78	7,45	8,37	6,72	6,82	7,13	1,06	0,63	1,24
Maringá	7,21	7,23	7,23	6336	6470	6041	50	58	49	1000	1000	720	4,65	4,27	5,57	3,90	3,74	4,69	0,75	0,53	0,88
Marmeleiro	7,19	7,19	7,21	3202	3270	3053	94	91	92	800	960	700	1,39	0,88	1,66	1,02	0,64	1,23	0,37	0,24	0,43
Matinhos	6,57	6,55	6,59	6766	6909	6451	270	276	265	1000	1000	600	1,54	2,79	1,86	0,93	1,26	1,15	0,61	1,53	0,71
Medianeira	5,88	5,95	5,91	17320	17687	16515	100	97	98	1000	600	700	8,63	7,24	10,32	6,87	6,57	8,26	1,76	0,67	2,06
Miranguava	6,90	7,12	6,92	293	299	279	32	33	31	700	840	550	0,14	0,17	0,17	0,11	0,09	0,13	0,03	0,08	0,04
Morro Grande	6,31	6,35	6,33	333	340	317	50	58	49	14	17	25	0,06	0,08	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05	0,04
Paranavaí	6,56	7,01	6,59	11022	11256	10510	25	25	25	800	960	700	2,44	2,07	2,91	1,75	1,74	2,10	0,69	0,33	0,81
Passaúna	7,03	7,07	7,05	429	438	409	40	33	39	400	480	500	0,15	0,16	0,15	0,10	0,10	0,09	0,05	0,06	0,06
Pato Branco	7,55	7,50	7,58	8352	8529	7964	50	58	49	1000	600	700	5,09	6,20	5,68	4,00	4,00	4,40	1,09	2,20	1,28
Pitangui	6,86	6,80	6,88	5950	6076	5673	162	158	159	1000	820	900	1,06	1,00	1,16	0,66	0,60	0,69	0,40	0,40	0,47
Praia de Leste	6,29	6,40	6,31	257	262	245	6	7	6	37	145	175	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Rio da Paz	7,65	7,70	7,68	9512	9714	9070	1680	1544	1646	900	1000	650	31,79	33,48	34,82	26,76	27,60	28,93	5,03	5,88	5,89
Rio Pequeno	6,61	6,35	6,63	1479	1510	1410	200	185	196	870	1000	800	1,15	1,29	1,19	0,81	0,88	0,79	0,34	0,41	0,40
Rolândia	6,92	6,90	6,94	706	721	673	30	27	29	450	540	400	0,76	0,62	0,91	0,66	0,56	0,79	0,10	0,06	0,12
Saiguaçu	6,34	6,25	6,36	543	555	517	10	9	10	800	960	700	0,16	0,16	0,20	0,10	0,10	0,12	0,07	0,07	0,08
Santo Antônio da Platina	7,06	7,15	7,08	9452	9653	9013	200	190	196	1000	1000	500	5,29	7,84	6,33	4,22	4,31	5,07	1,07	3,53	1,25
Tamanduá	6,73	6,81	6,75	7303	7458	6963	300	313	294	750	900	300	7,57	7,34	9,05	6,02	6,27	7,24	1,55	1,07	1,81
Telêmaco Borba	7,03	6,88	7,05	662	676	631	38	37	37	500	600	600	0,23	0,55	0,27	0,17	0,33	0,20	0,06	0,22	0,07
Tibagi	6,66	6,65	6,68	33720	34436	32154	700	685	686	1000	820	670	12,31	17,69	14,73	10,14	10,97	12,19	2,17	6,72	2,54
Toledo	8,24	8,33	8,27	14758	15071	14072	630	622	617	1000	920	500	19,69	14,81	22,49	16,28	13,00	18,50	3,41	1,81	3,99
Umuarama	7,18	7,15	7,20	4403	4496	4198	32	33	31	1000	900	800	1,72	1,86	2,05	1,27	1,42	1,53	0,45	0,44	0,53
União da Vitória	6,93	7,13	6,95	9521	9713	9078	34	38	33	1000	1000	800	5,58	5,14	6,68	4,59	4,13	5,52	0,99	1,01	1,16
Vila C	6,77	6,70	6,79	220	222	209	10	10	10	86	105	125	0,13	0,44	0,16	0,10	0,22	0,12	0,03	0,22	0,04
Vila Regina	7,54	7,55	7,57	5826	5949	5555	50	43	49	1000	850	700	17,52	19,24	20,97	14,52	16,21	17,46	3,00	3,03	3,51

Resultado da análise Índices Microbiológicos do período seco.

ETA	Contagem de helmintos (ovo/g)			Ovos viáveis?	Coliformes fecais (UFC/100ml)		
Alagados	< 1	< 1	< 1	Não	10600	10900	10500
Arapongas	< 1	< 1	< 1	Não	53000	59000	50000
Assis Chateaubriand	32	36	38	Sim	3000	3000	3000
Cafezal	< 1	< 1	< 1	Não	2000	2820	2900
Campo Mourão	< 1	< 1	< 1	Não	2700	2600	2200
Capanema	< 1	< 1	< 1	Não	55000	64000	50000
Castro	17	11	14	Sim	5000	5000	5000
Cianorte	63	65	66	Sim	50000000	50000000	50000000
Cornélio Procopio	1	1	1	Sim	3000	2720	2900
Despique	2	2	2	Sim	600	720	500
ETA 1 Parque São Paulo	6	7	5	Sim	14000	9000	10000
Francisco Beltrão	< 1	< 1	< 1	Não	15000	16000	15000
Guarapuava	< 1	< 1	< 1	Não	9500	5700	8200
Iguaçu	5	4	8	Sim	38000	37000	44000
Ind. Araucária	11	17	14	Sim	8500	8300	9000
Iraí	3	2	3	Sim	832	530	750
Itaqui	1	1	1	Não	<1	<1	<1
Ivaiporã	2	2	2	Não	352500	355000	320500
Jacarezinho	5	5	5	Sim	5680	6000	5000
Lapa	14	18	17	Sim	44000	38500	40000
Maringá	2	2	2	Não	27750	30000	32510
Marmeleiro	2	2	2	Sim	5000	5000	5000
Matinhos	< 1	< 1	< 1	Não	1000	1000	1000
Medianeira	2	2	2	Sim	800	550	377
Miranguava	7	11	9	Sim	8525	8880	9250
Morro Grande	< 1	< 1	< 1	Não	2400	2210	2500
Paranavaí	2	2	2	Não	14000	10000	11500
Passaúna	< 1	< 1	< 1	Não	2100	1450	1670
Pato Branco	< 1	< 1	< 1	Não	228030	300000	270000
Pitangui	< 1	< 1	< 1	Não	9620	8300	9440
Praia de Leste	12	11	14	Sim	370	300	470
Rio da Paz	2	2	2	Não	5000	5000	5000
Rio Pequeno	< 1	< 1	< 1	Não	600	1000	1150
Rolândia	< 1	< 1	< 1	Não	3000	3000	3000
Saiguaçu	5	6	5	Sim	900	900	900
Santo Antônio da Platina	3	3	3	Sim	1100	1000	920
Tamanduá	1	1	1	Não	950	1100	880
Telêmaco Borba	4	4	3	Sim	3000	3000	3000
Tibagi	< 1	< 1	< 1	Não	250	270	200
Toledo	2	2	2	Sim	36150	33770	34500
Umuarama	< 1	< 1	< 1	Não	1000	1080	1000
União da Vitória	< 1	< 1	< 1	Não	150	160	190
Vila C	< 1	< 1	< 1	Não	1000	1500	1100
Vila Regina – Apucarana	4	4	4	Sim	2500	2500	2500

Amostras	Nº Am	UND	Sist	Ca	Mg	K	Na	B	Cu sol.	Fe sol.	Mn	Zn	Cr	Co	Ni	Al sol.	Cd	Pb	P	Si
Marmeleiro	24801	520	169	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.101 mg/L	0.029 mg/L	< 0.010mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.045 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.013	X
Arapongas	28770	420	43	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.337 mg/L	0.047 mg/L	0.019 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.027 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.013	X
Campo Largo	24054	240	12	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.192 mg/L	0.083 mg/L	< 0.010 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.049 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.23	X
Campo Largo	24056	240	12	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.179 mg/L	0.041 mg/L	< 0.010 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.047 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.069	X
Rolândia	28817	420	230	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.144 mg/L	0.035 mg/L	< 0.010 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.041 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.008	X
Foz do Iguaçu	37175	320	17	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.058 mg/L	< 0.010mg/L	< 0.010 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.025 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.008	X
Foz do Iguaçu	37176	320	17	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.285 mg/L	0.022 mg/L	< 0.010 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.025 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.012	X
Guarapuava	24507	440	113	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.200 mg/L	0.041mg/L	0.018 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.113 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.051	X
Sãozinho Platina	36265	540	9	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.058 mg/L	0.049 mg/L	0.020 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.025 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.02	X
Faz. Rio Grande	31167	240	327	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.491 mg/L	0.028 mg/L	< 0.010 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.045 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.08	X
Rio Pequeno	27876	240	25	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.245 mg/L	< 0.010 mg/L	< 0.010 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.106 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.33	X
Assis Chateaub.	38266	470	47	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.226 mg/L	0.110 mg/L	< 0.010 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.032 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.042	X
ETA Iguaçu	27866	240	1	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.178 mg/L	0.081 mg/L	0.017 mg/L	0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.085 mg/L	< 0.001 mg/L	0.005 mg/L	3.7	X
ETA Itai Pinhais	27868	240	1	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.218 mg/L	0.069 mg/L	< 0.010 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.110 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.25	X
Telêrraco Borba	28203	550	274	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.112 mg/L	0.027 mg/L	< 0.010 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.075 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	N tem	X
Apucarana	35923	410	8	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.088 mg/L	0.019 mg/L	< 0.010 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.025 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.022	X
Apucarana	35924	410	8	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.066 mg/L	0.036 mg/L	0.011mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.025 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.022	X
Apucarana	27874	240	25	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.275 mg/L	0.026 mg/L	< 0.010 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.138 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.18	X
Canorte	30311	480	76	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.065 mg/L	0.044 mg/L	< 0.010 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.025 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.027	X
Jacarezinho	40525	540	135	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.136 mg/L	0.031 mg/L	0.039 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.045 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.02	X
Toledo	38211	470	28	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.190 mg/L	0.028 mg/L	< 0.010 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.050 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.026	X
Cascavel (Parque SP)	28075	310	2	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.300 mg/L	0.023mg/L	< 0.010 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.099 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.21	X
Cascavel (Parque SP)	28076	550	2	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.172 mg/L	0.084 mg/L	0.017 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.126 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.43	X
Cascavel	37875	310	16	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.046 mg/L	0.031 mg/L	< 0.010 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.044 mg/L	0.002 mg/L	0.012 mg/L	0.01	X
Cascavel	37876	310	16	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.072 mg/L	0.032 mg/L	< 0.010 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.052 mg/L	0.002 mg/L	< 0.005 mg/L	0.025	X
Cascavel	37877	310	16	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.066 mg/L	0.025 mg/L	0.010 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.032 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.004	X
União da Vitória	28227	560	283	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.196 mg/L	0.061 mg/L	0.046mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.087 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.21	X
Lapa	31124	240	23	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.113 mg/L	0.051 mg/L	< 0.010 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.067 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.12	X
Lapa	31125	240	23	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.170 mg/L	0.063 mg/L	0.011mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.046 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.12	X
Capaneira	38356	520	13	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.020 mg/L	0.021 mg/L	< 0.010 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.025 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.007	X
Paranavaí	43756	460	194	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.151 mg/L	0.043 mg/L	< 0.010 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.025 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.031	X
Paranavaí	43757	460	194	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.040 mg/L	0.076 mg/L	< 0.029 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.087 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.151	X
Paranavaí	39467	450	392	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.249 mg/L	0.077 mg/L	< 0.016 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.035 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.012	X
Paranavaí	43758	460	194	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.494 mg/L	0.077 mg/L	< 0.016 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.035 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.012	X
Praia de Leste	39467	450	392	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.110 mg/L	0.037 mg/L	< 0.016 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.037 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.167	X
Fco. Beltrão	24824	520	103	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.110 mg/L	0.037 mg/L	< 0.016 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.037 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.051	X
Medianeira	26703	320	171	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.341 mg/L	0.033 mg/L	< 0.010 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.025 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0	X
ETA Tibagi Londrina	29067	660	153	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.239 mg/L	0.036 mg/L	< 0.010 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.025 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.022	X
ETA Tibagi Londrina	29068	660	153	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.232 mg/L	0.047 mg/L	< 0.010 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.174 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.003	X
Pato Branco	37694	530	195	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.051 mg/L	0.014 mg/L	< 0.010 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.025 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.01	X
Campo Mourão	30115	430	26	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.164 mg/L	0.047 mg/L	< 0.010 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.037 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.065	X
Umaraima	41314	480	282	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.085 mg/L	0.027 mg/L	< 0.010 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.025 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.022	X
Maringá	36637	330	167	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.081 mg/L	0.049 mg/L	0.027 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.025 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.046	X
Ponta Grossa ETA Alagados	27919	340	207	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.157 mg/L	0.021 mg/L	0.037 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.099 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.27	X
ETA Industrial Araucária (Eta Cachoeira)	28455	240	7	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.183 mg/L	0.118 mg/L	0.039 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.095 mg/L	< 0.001 mg/L	0.005 mg/L	-----	X
Ponta Grossa Eta Píngui	27918	340	207	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.276 mg/L	0.022 mg/L	0.011 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.262 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.31	X
Eta Cafetal - Lodrina	29067	660	153	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.239 mg/L	0.036 mg/L	< 0.010 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.025 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.022	X
Napora	33050	410	132	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.416 mg/L	0.068 mg/L	< 0.010 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.025 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.007	X
Cornélio Procopio	22012	510	4	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.250 mg/L	0.037 mg/L	< 0.010 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.042 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0	X
Castro (Nova Iapo)	21789	550	2	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.190 mg/L	0.077 mg/L	0.019 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.127 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.43	X
Castro (Nova Iapo)	38975	550	2	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.172 mg/L	0.084 mg/L	0.017 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.123 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.44	X
Passaúna	27870	240	1	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.020 mg/L	0.042 mg/L	< 0.010 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.029 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.23	X
Malinhos	39432	450	21	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	0.030 mg/L	< 0.010 mg/L	0.013 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.008mg/L	< 0.010 mg/L	0.025 mg/L	< 0.001 mg/L	< 0.005 mg/L	0.025	X
Guaratuba Morro grande	39449	450	115	X	X	X	X	< 0.10 mg/L	< 0.008mg/L	< 0.020 mg/L	< 0.010 mg/L	< 0.010 mg/L	<							

Amostras	Nº Am	UND	Sist	Ca	Mg	K	Na	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Cr	Co	Ni	Al	Cd	Pb	P
Marmeleiro	24802	520	169	X	X	X	2,83 mg/L	X	< 0,008mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010mg/L	< 0,001mg/L	X	< 0,010 mg/L	0,057 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Arapongas	28771	420	43	X	X	X	4,98 mg/L	X	< 0,008mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	0,030mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Campo Largo	23457	240	12	X	X	X	3,56 mg/L	X	< 0,008mg/L	0,021 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	< 0,025 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Campo Largo	23458	240	12	X	X	X	8,79 mg/L	X	< 0,008mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	0,025 mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	< 0,025 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Campo Largo	23459	240	12	X	X	X	5,88 mg/L	X	< 0,008mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	< 0,025 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Campo Largo	23460	240	12	X	X	X	1,24 mg/L	X	0,094 mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	0,078 mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	< 0,025 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Rolândia	28818	420	230	X	X	X	2,53 mg/L	X	< 0,008mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	0,033 mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	0,034mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Rolândia	28819	420	230	X	X	X	6,60 mg/L	X	< 0,008mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	0,019 mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	< 0,025 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Rolândia	28820	420	230	X	X	X	10,06 mg/L	X	< 0,008mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	< 0,025 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Foz do Ituaçu	37177	320	17	X	X	X	1,61 mg/L	X	< 0,008mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	0,037 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Guarapuava	37178	320	17	X	X	X	2,42 mg/L	X	< 0,008mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	0,054 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
São Anele Retina	24508	440	113	X	X	X	2,41 mg/L	X	< 0,008mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	0,052 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Est. Anele Retina	36266	540	9	X	X	X	7,58 mg/L	X	< 0,008mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	0,018 mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	0,098 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Faz. Rio Grande	31168	240	327	X	X	X	3,10 mg/L	X	< 0,008mg/L	0,038 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	0,059 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Rio Pequeno	27877	240	251	X	X	X	2,57 mg/L	X	< 0,008mg/L	0,027 mg/L	0,027 mg/L	< 0,010mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	0,132 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Assis Chateaub.	38267	470	47	X	X	X	4,22 mg/L	X	< 0,008mg/L	0,068 mg/L	< 0,010 mg/L	0,011mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	0,065 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
ETA Ituaçu	27867	240	1	X	X	X	5,98 mg/L	X	< 0,008mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	0,028 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
ETA Itai Pinhais	27869	240	1	X	X	X	2,12 mg/L	X	< 0,008mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	0,168 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Telêmaco Borba	28204	550	274	X	X	X	3,77 mg/L	X	< 0,008mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	0,022 mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	0,031 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Apucarana	35925	410	8	X	X	X	5,24 mg/L	X	< 0,008mg/L	0,024 mg/L	< 0,010 mg/L	0,011 mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	0,070 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Apucarana	35926	410	8	X	X	X	8,06 mg/L	X	< 0,008mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	0,016 mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	< 0,025 mg/L	< 0,001 mg/L	0,005 mg/L	X
Apucarana	35927	410	8	X	X	X	7,25 mg/L	X	< 0,008mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	< 0,025 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Apucarana	35928	410	8	X	X	X	27,13 mg/L	X	< 0,008mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	< 0,025 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
ETA Miringuava	27875	240	25	X	X	X	4,61 mg/L	X	< 0,008mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	< 0,025 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Cianorte	30312	480	76	X	X	X	1,34 mg/L	X	< 0,008mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	< 0,025 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Cianorte	30313	480	76	X	X	X	2,53 mg/L	X	< 0,008mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	0,032 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Jacarezinho	40526	540	135	X	X	X	14,71 mg/L	X	< 0,008mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	0,062 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Jacarezinho	40527	540	135	X	X	X	9,67 mg/L	X	< 0,008mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	< 0,025 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Toledo	38239	470	28	X	X	X	1,40 mg/L	X	< 0,008mg/L	0,033 mg/L	< 0,010 mg/L	0,026 mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	0,028 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Castro (Parque SP)	28077	550	2	X	X	X	3,33 mg/L	X	< 0,008mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	0,031 mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	0,041 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Cascavel	37877	310	16	X	X	X	9,35 mg/L	X	< 0,008mg/L	0,032 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	0,055 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Cascavel	37878	310	16	X	X	X	19,31 mg/L	X	< 0,008mg/L	0,022 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	0,027 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Cascavel	37879	310	16	X	X	X	2,99 mg/L	X	< 0,008mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	0,146 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Cascavel	37880	310	16	X	X	X	3,14 mg/L	X	< 0,008mg/L	0,038 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	0,091 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
União de Vitória	28228	560	283	X	X	X	3,41 mg/L	X	< 0,008mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	< 0,025 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Lapa	31126	240	23	X	X	X	3,09 mg/L	X	< 0,008mg/L	0,024 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	0,038 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Lapa	31127	240	23	X	X	X	22,86 mg/L	X	< 0,008mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	< 0,025 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Lapa	31128	240	23	X	X	X	27,75 mg/L	X	< 0,008mg/L	0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	0,056 mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	< 0,025 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Capitania	38357	520	13	X	X	X	2,92 mg/L	X	< 0,008mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	0,010mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	0,040 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Paranaval	43762	460	194	X	X	X	9,60 mg/L	X	< 0,008mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	0,030 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Praia de Leste	39468	450	392	X	X	X	8,36 mg/L	X	< 0,008mg/L	0,032 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	0,054 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Fco. Beltrão	24825	520	103	X	X	X	2,66 mg/L	X	< 0,008mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	< 0,025 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Medianeira	26704	320	171	X	X	X	1,91 mg/L	X	< 0,008mg/L	0,036 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	0,031 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
ETA Tibagi Londrina	29069	660	153	X	X	X	2,50 mg/L	X	< 0,008mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	< 0,025 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Pato Branco	37695	530	195	X	X	X	1,90 mg/L	X	< 0,008mg/L	0,029 mg/L	< 0,010 mg/L	0,013mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	0,127 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Campo Mourão	30116	430	26	X	X	X	2,11 mg/L	X	< 0,008mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	0,034 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Campo Mourão	30117	430	26	X	X	X	7,70 mg/L	X	< 0,008mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	< 0,025 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Campo Mourão	30118	430	26	X	X	X	4,17 mg/L	X	< 0,008mg/L	0,047 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	< 0,025 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Umuarama	41315	480	262	X	X	X	1,45 mg/L	X	< 0,008mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	0,018 mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	0,027 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Maringá	25916	330	167	X	X	X	5,96 mg/L	X	< 0,008mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	< 0,025 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Maringá	25917	330	167	X	X	X	15,04 mg/L	X	0,009mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	0,019 mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	< 0,025 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Maringá	25918	330	167	X	X	X	2,29 mg/L	X	< 0,008mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	< 0,025 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Maringá	25919	330	167	X	X	X	13,58 mg/L	X	< 0,008mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	0,013mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	< 0,025 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Maringá	25920	330	167	X	X	X	4,86 mg/L	X	< 0,008mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	0,015mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	0,043 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
ETA Grossa ETA Alagados	27920	340	207	X	X	X	2,40 mg/L	X	< 0,008mg/L	0,044 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	0,101 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
ETA Industrial Araucária (Eta Cachoeira)	28456	240	7	X	X	X	12,86 mg/L	X	< 0,008mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	0,032 mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	0,028 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Ponta Grossa Eta Itaipul	27921	340	207	X	X	X	2,28 mg/L	X	< 0,008mg/L	< 0,020 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	0,033 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Eta Clérax- Lodrina	29071	660	153	X	X	X	2,10 mg/L	X	< 0,008mg/L	0,023 mg/L	< 0,010 mg/L	< 0,010mg/L	< 0,008mg/L	X	< 0,010 mg/L	< 0,025 mg/L	< 0,001 mg/L	< 0,005 mg/L	X
Itaiporá</																			

APÊNDICE IV

1. PROPOSTA E ALTERNATIVAS PARA A GESTÃO DO LODO DE ÁGUA NA SANEPAR.

1.1. Instituições envolvidas com o projeto

- SANEPAR; TECPAR; Senai/PR; IAP; Paraná Ambiental; Mineropar; Prefeituras / Secretaria Municipal de Meio Ambiente; SINDICER-PR – Sindicato dos Oleiros do Paraná.

1.2. Justificativa

O presente Programa de Trabalho foi elaborado, considerando-se a necessidade de integração de esforços entre SANEPAR e as instituições acima descritas, para em conjunto desenvolverem um Programa para a destinação correta de lodos de estações de tratamento de água (ETA) produzido pela SANEPAR. Com uma produção atual de aproximadamente 3500 toneladas de lodo seco por mês nas 176 estações de tratamento de água operadas pela Sanepar. Estes lodos são classificados pela NBR-10004 como “resíduos sólidos” e devem, portanto, ser tratados e dispostos como tal. Entretanto, em nosso país, estes resíduos são, em sua maioria, lançados diretamente nos cursos d’água, sendo raras as estações que possuem um sistema adequado de tratamento e disposição do lodo produzido.

Quando lançados diretamente nos rios na forma líquida estes efluentes estão sujeitos à Resolução Conama 357 de 2005. Da mesma forma, como as ETAs são empreendimentos de saneamento, no Paraná há a Resolução SEMA 21 de 2009 que dispõe sobre o licenciamento ambiental e estabelece condições e padrões ambientais, que em seu artigo 12 exige e dá prazo para que as ETAs implantem sistemas de tratamento e disposição final dos efluentes e resíduos gerados.

Desta forma, a Sanepar, ciente da importância desta questão, e buscando equacioná-la junto ao órgão ambiental, em função das legislações aplicáveis bem como de sua responsabilidade com a sustentabilidade do meio ambiente vem por meio deste documento apresentar uma proposta de trabalho com algumas alternativa de destinação, sendo possível a implementação no mesmo formato de outras formas de tratamento e disposição final do lodo de ETA, facilitando assim sua replicabilidade e formação na cadeia de custos, respeitando o quadro regional de suas unidades e o seu desenho institucional, para o tratamento e disposição destes resíduos.

Assim, procurando elevar ao máximo a integração e evitar a sobreposição de atividades, as instituições procuram através deste Programa de Trabalho desenvolver um programa de cooperação técnica visando a destinação final econômica, ambiental, social e legalmente adequada dos lodos de ETAs gerados pela SANEPAR.

2. METAS E AÇÕES

- a) Implementar o Programa por Unidade de Gestão de Lodo de Água análogas às UGLs.
- b) Propor uma solução para este passivo ambiental com um correto tratamento (desaguamento) e disposição final e/ou reutilização dos lodos produzidos (líquido ou desaguado).

Estas alternativas poderão ser avaliadas no formato de piloto na Região Metropolitana de Curitiba, para posteriormente estudar sua aplicabilidade em outras regiões do estado.

3. ÁREA DE ABRANGÊNCIA

O programa inicialmente será em formato piloto no município de Curitiba e Região metropolitana. Se estendendo gradativamente para outros locais de atuação da SANEPAR.

4. COMPOSIÇÃO DO PROGRAMA

Em função das pesquisas já desenvolvidas no estado do Paraná, três alternativas já estão bem desenvolvidas tecnicamente: Matéria-prima para produção de cerâmica vermelha; Recuperação de áreas degradadas; e Disposição e lançamento controlado no solo.

5. ALTERNATIVAS PROPOSTAS

5.1. Matéria-prima para produção de cerâmica vermelha

Descrição do processo: o lodo de ETA desaguado seria transportado até as olarias para a fabricação de blocos não estruturais – tijolo, sendo misturado numa proporção de até 5% (RIBEIRO, 2008). Estudos demonstram que não há uma melhoria na qualidade com a mistura de lodo de ETA com argila, porém promove a prática da reciclagem através da utilização de resíduos industriais, podendo trazer inúmeros benefícios ambientais, pois, substitui a utilização de recursos naturais por resíduos reciclados (TEIXEIRA et al., 2004).

Dificuldades: Ocorre uma grande variabilidade na composição da Argila/Lodo de ETA, especialmente em função da umidade do lodo, bem como muitas olarias não atendem a norma ABNT e algumas olarias não têm licenciamento ambiental (TEIXEIRA et al. 2006).

Instituições envolvidas: SANEPAR, SENAI, SINDICER-PR, TECPAR, IAP e MINEROPAR.

Ações e mecanismos: Estabelecer critérios para a seleção das olarias, no mínimo que façam parte do controle de qualidade do TECPAR. A partir de este ponto realizar testes práticos em escala piloto em face de se obter manuais de utilização de lodo de água. Fazer a avaliação dos tijolos. Promover padrões de controle ambiental dos tijolos. O estado do Paraná regulamentaria a preferência de compra em obras públicas de tijolos contendo lodo de ETA.

Custos: o custo do transporte seria por conta da Sanepar e a mesma licitaria por ETA para se tentar reduzir a questão do custo do transporte. Também o custo com o controle de qualidade do tijolo produzido (análises da composição química) e uma remuneração a olaria, enquanto é criado o mercado para “tijolos recicláveis” pela regulamentação.

5.2. Recuperação de áreas degradadas

Descrição do processo: O lodo de água será misturado com o lodo de ETE caleado. O lodo será caracterizado quanto aos parâmetros inorgânicos e de sanidade, previamente a sua aplicação na área. Também será realizada a coleta de amostra composta do solo para análise de parâmetros agrônômicos, físicos, microbiológicos e de metais pesados (SOBRINHO, 2001).

Instalação de poços de monitoramento de água subterrânea, cuja água será coletada para análise preliminar de substâncias inorgânicas e parâmetros microbiológicos (HUNDAL et al., 2005).

Serão realizadas a regularização da área e a implantação de terraço de contenção para evitar perdas por escoamento superficial. Posteriormente serão aplicadas em cobertura as doses recomendadas de lodo de ETA, previamente caracterizado, com base nas

características físicas e químicas do solo e do lodo de ETA, com as complementações minerais recomendadas para ajustar a disponibilidade e equilíbrio de nutrientes (HUNDAL et al., 2005).

A dosagem recomendada de lodo, de corretivos e fertilizantes será aplicada e incorporada no solo por meio de arado e grade (CORDEIRO, 2001). Caso seja necessário, esta operação poderá ser fracionada em duas ou mais aplicações. Após o preparo do solo, será semeada uma mistura de gramíneas e leguminosas de rápido crescimento para produção de matéria orgânica, que serão incorporadas ao solo quando atingirem grande crescimento vegetativo (BITTENCOURT et al., 2012). Esta operação conclui a recuperação do potencial produtivo do solo, e posteriormente será plantada a cobertura vegetal selecionada pelos respectivos proprietários, podendo ser vegetação rasteira de cobertura ou implantação de bosque com espécies florestais nativas, respeitando a fitossociologia regional (BITTENCOURT et al., 2012).

Ao final do processo de recuperação das áreas serão coletadas amostras de solo e de água subterrânea dos poços de monitoramento para análise dos parâmetros descritos anteriormente.

Dificuldades: identificação de áreas degradadas próximas as estações de tratamento, autorização dos proprietários, gestão do processo, limitação de dosagem de lodo em função do limite de aplicação dos metais presentes no lodo, tais como Fe, Al e Mn.

Instituições envolvidas: Paraná Ambiental, IAP, Prefeituras/SMA, SENAI e SANEPAR.

Ações e mecanismos: As SMAs identificarão as áreas degradadas nos municípios e contatarão os proprietários. A SANEPAR fornecerá o lodo de Água e Esgoto e o Paraná Ambiental se responsabilizará pela execução prática deste projeto e o IAP realizará o controle ambiental.

Custos: O Paraná Ambiental será responsável pela execução das atividades de recuperação de áreas degradadas, incluindo o preparo do terreno, transporte do lodo e fará a incorporação, plantio e o controle ambiental. Os custos serão de responsabilidade da Sanepar

5.3. Disposição e lançamento controlado no solo

Descrição do processo: Será selecionado um local para a disposição de altas doses de lodo de ETA, o sistema de operação será idêntico ao sistema de Landfilling e o lodo de ETA será caleado para diminuir o risco de percolação de metais para o meio (FERNANDES e SOUZA, 2001).

Dificuldades: Por se tratar de uma forma de aterro controlado, e de se tratar de altas doses de lodo de ETA, sabendo que o mesmo apresenta uma concentração acentuada de Ferro ou Alumínio e eventualmente de alguns metais pesados, a dificuldade está na escolha correta para o local sob o ponto de vista hidrogeológico, a operação e um plano de monitoramento constante do terreno (ANDREOLI et al., 2013b).

O cadastro da propriedade será realizado com base nas seguintes informações: Caracterização da Propriedade; Localização da Propriedade (georreferenciamento); Estudo das restrições ambientais e legais da área; Avaliação das Restrições hidrogeologias; Caracterização do Potencial do Solo para Uso de Lodo; Avaliação do Local de Estocagem Temporária; Recomendação de Doses de Lodo; Critérios e Cuidados no Manuseio; Licenciamento ambiental; Acompanhamento das Quantidades de Metais Pesados Adicionados.

Instituições envolvidas: SANEPAR, SENAI e IAP.

Ações e mecanismos: A aptidão do local para a disposição de lodo será avaliada pelo comportamento do solo frente a riscos de contaminação ambiental e de saúde e a dificuldade de mecanização.

As diretrizes que serão utilizadas para avaliação da aptidão do solo para lançamento do lodo estão definidas em Norma Técnica do Instituto Ambiental do Paraná - IAP e relacionam: geologia, hidrogeologia, declividade, áreas úmidas, APPs, reserva legal, vegetação e estudo das orientações de uso do solo (zoneamento). Nas áreas de aplicação deverão ser avaliadas: profundidade, textura, susceptibilidade à erosão, drenagem, relevo, pedregosidade, hidromorfismo e pH.

Custos: integralmente absorvido pela SANEPAR, no entanto poderá ser operado por ela mesma ou através de terceirização.

6. CRONOGRAMA

Caso seja necessário o cronograma, deve-se definir um específico para cada uma das alternativas propostas, portanto é sugerido deixar isso para depois da definição do grupo de trabalho.

APÊNDICE V

Produção técnica e acadêmica no período de desenvolvimento do mestrado:

2012:

- Informe Técnico 03/2012 (agosto/2012) – Elaboração de curvas Turbidez x Sólidos e Massa de Lodo Produzido para utilização em ETAs.

2013:

- Informe Técnico 01/2013 (maio/2013) – Diagnóstico do lodo das Estações de Tratamento de Água do Estado do Paraná.
- Informe Técnico 04/2013 (novembro/2013) – Estação Piloto de Tratamento de Água.
- CARNEIRO, C.; WEBER, P. S.; ROSS, B. Z. L.; GERVASONI, R.; SIMON, P. L.; MORO, B. G.; MOTTA, A. C. V. **Caracterização do Lodo de ETA gerado no Estado do Paraná**. In: CARNEIRO, C.; ANDREOLI, C. V. (Coord.). Lodo de Estações de Tratamento de Água – Gestão e Perspectivas Tecnológicas. Curitiba: SANEPAR, 2013. p.131-178.
- Participação como Consultor/Parecerista da Comissão de Avaliação de propostas submetidas no âmbito da Chamada Pública 18/2013 (Programa Paranaense de Pesquisas em Saneamento Ambiental – Fundação Araucária/SANEPAR), realizada no dia 21 de novembro de 2013 num total de 20 horas.

2014:

- Informe Técnico 01/2014 (janeiro/2014) – Levantamento de Empreendimentos Licenciados pelo IAP que possuem como Atividade a Exploração de Terra, Saibro e Areia em Curitiba e RMC como Apoio ao Projeto de Reaterro.
- Co-autor num pôster “Características do concentrado proveniente de uma membrana de osmose reversa para o tratamento de água industrial”, no 1º Simpósio Brasil Alemanha em Meio Ambiente Urbano e Industrial, realizado nos dias 25 a 27 de Março de 2014.
- I-147 – Caracterização Físico-química e Microbiológica do Lodo das Estações de Tratamento de Água do Estado do Paraná. Artigo expandido apresentado oralmente no XII SIBESA (Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental) data do evento de 19 a 21 de maio de 2014.



XII Simpósio Italo-Brasileiro de
Engenharia Sanitária
e Ambiental
Gestão integrada, Avanços Tecnológicos e Regulação
19 a 21 de maio de 2014 NATAL - RN



C E R T I F I C A D O

Certificamos que o(a) Sr(a)

Ronald Gervasoni

Participou do XII Simpósio Italo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, realizado em Natal, RN, de 19 a 21 de maio de 2014, como autor(a) de 1 trabalho técnico listado abaixo.

Certificado No: 26A

Dante Ragazzi Pauli
Presidente Nacional da ABES

Maria Geny Formiga de Farias
Presidente da ABES - Seção RN

I-147 : Apresentação Oral
Caracterização Físico-química e microbiológica do Lodo das Estações de Tratamento de Água do Estado do Paraná

- Informe Técnico 04/2014 (julho/2014) – Avaliação de materiais residuais de escavação provenientes da implantação e manutenção de redes de água e esgoto quanto a NBR 10.004/04 e a Resolução CONAMA nº 307/2002 e orientações para a reutilização desses materiais como cobertura em aterros sanitários licenciados, na própria obra, entre outros.
- Sistema Vertical de Deságue de Lodo: uma alternativa para a desidratação de lodo de estações de tratamento de água de médio e pequeno porte. Artigo aceito para o 28º CBES (Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental) data do evento de 04 a 08 de outubro de 2015.